

**T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**YÜK TAŞITLARININ TAŞIYICI AKSAMLARININ GERÇEK YOL
YÜKLERİ ALTINDA ANALİZ EDİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatmagül TOLUN

Balıkesir, Haziran-2007

T.C.
BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜK TAŞITLARININ TAŞIYICI AKSAMLARININ GERÇEK YOL
YÜKLERİ ALTINDA ANALİZ EDİLMESİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fatmagül TOLUN

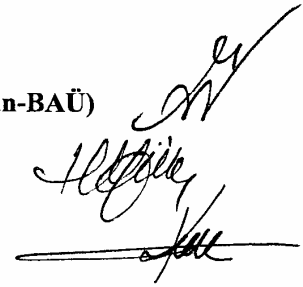
Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. İlker EREN

Sınav Tarihi: 19.06.2007

Jüri Üyeleri: Yrd. Doç. Dr. İlker EREN (Danışman-BAÜ)

Yrd. Doç. Dr. Hayrettin YÜKSEL (BAÜ)

Yrd. Doç. Dr. Kaan TÜRKER (BAÜ)



Balıkesir, Haziran-2007

ÖZET

YÜK TAŞITLARININ TAŞIYICI AKSAMLARININ GERÇEK YOL YÜKLERİ ALTINDA ANALİZ EDİLMESİ

Fatmagül TOLUN
Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

(Yüksek Lisans Tezi / Tez Danışmanı: Yrd.Doç. Dr. İlker Eren)

Balıkesir 2007

Kaynaklı yapılardaki artık gerilmeler gevrek kırılmaya sebep oldukları için; kaynaklı bölgedeki malzeme direncini düşürürler. Son yıllarda dünyada Sonlu Elemanlar Yöntemini kullanarak bu yapılardaki gerilmelerin incelenmesi önemli bir çalışma konusu haline gelmiştir. Çalışmada bu konu; farklı bir bakış açısıyla ele alınmıştır. Ülkemiz taşımacılığında; yük aracı olarak önemli bir yer teşkil eden, yarı römork şasisindeki; kritik gerilme altındaki kaynaklı bağlantı bölgeleri tespit edilerek, incelenmiştir.

Çalışmanın ilk aşamasında, lowbed yarı römork şasisi 3 boyutlu olarak modellenmiştir. 3 boyutlu bu model üzerine, lowbedin taşıdığı dış yükler etkiltilerek, ANSYS 10 programında yapısal analiz yapılmıştır. Analiz sonucunda, kritik gerilme altındaki kaynaklı bağlantı bölgesi tespit edilmiştir. Kritik gerilmenin tespit edildiği bağlantı parçası , yeniden 3 boyutlu olarak modellenerek , ANSYS programında ısısal analize tabi tutulmuştur. Çalışmanın son aşamasında; aynı bağlantı parçası, ısısal genleşme farklarından doğan artık gerilmelerin ve gerçek yüklerin doğurduğu yapısal gerilmelerin birlikte dikkate alındığı ısısal-yapısal analize tabi tutulmuştur. Son olarak analiz sonuçları karşılaştırılarak artık gerilmelerin yük taşıma kapasitesindeki olumsuz rolü tespit edilmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER : lowbed yarı römork şasisi , kaynaklı bağlantı, sonlu elemanlar yöntemi, ısısal yapısal analiz

ABSTRACT

ANALYSIS OF HEAVY VEHICLES UNDER REAL ROAD CONDITIONS

Fatmagül Tolun
Balikesir University, Institute of Science
Department of Mechanical Engineering

(M.Sc. Thesis / Supervisor: Asist. Prof. Dr. İlker EREN

Balıkesir Turkey 2007

The residual stress on the welded structures decrease the material resistance due to the brittle fracture. Recent years, examining the stress on these structures by using the 'Finite Elements Methods' has just become a very important study subject in the world. This subject has been treated by a different point of view. It was examined and determined the connection welded areas which's been under the critical stress on semi-trailer chassis as a being important loading vehicle in our country's transport.

At the 1st phase of the examine, lowbed semi-trailer chassis was modelling as in 3D model area. Structural analysis was done on ANSY 10 programme by applying the exterior loads which lowbed has been carrying on this 3D model. At the results of the analysis; the welded connection area had been determined which has been under critical stress. The connection part which has the critical stress determined on itself. Then it was sent to thermal analysis on ANSYS 10 programme. At the last phase of the examine; the same connection part so that; with residual stress which has arisen by thermal expansion differences and together with structural stress which has arisen from real loads then has been sent to thermal-structural analysis test. At the end, by comparison with results of the analysis then had been determined the negative role of the residual stress in the load capacity.

KEY WORDS : Lowbed semi-trailer chassis, welded connection, Finite Elements Method, Thermal-Structural Analysis.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET ANAHTAR SÖZCÜKLER ii

ABSTRACT, KEYWORD iii

İÇİNDEKİLER iv

ŞEKİL LİSTESİ vi

ÖNSÖZ ix

1. GİRİŞ 1

1.1 Giriş 1

1.2 Tarihçe 5

2. YARI RÖMORKLAR 7

2.1 Yarı Römork Çeşitleri 7

2.1.1 Kuru Yük Tipi Yarı Römork 7

2.1.1.1 Platform Tipi Yarı Römorklar 7

2.1.1.2 Jumbo Tipi Yarı Römork 8

2.1.1.3 Kuru Yük Tipi Ful Yarı Römork 10

2.1.2 Van Tipi (Kapalı Kasalı) Yarı Römork 12

2.1.2.1 Frigofirik Yarı Römork 12

2.1.2.2 Kapalı Kasalı Yarı Römork 14

2.1.2.3 Van Tipi Ful Yarı Römork 15

2.1.3 Tanker Şasi Yarı Römork 16

2.1.4 Damper Şasi Yarı römork 17

2.1.5 Lowbed Yarı Römork20

2.2 Yarı Römork Montaj Grupları 22

2.2.1 Şasi 22

2.2.2 Tente İskeleti 22

2.2.3 Süspansiyon Dingil 23

2.2.4 Fren ve Elektrik Sistemi 23

2.2.5 Şasi Çeşitleri 24

2.2.5.1 Dikdörtgen Şasi (Merdiven Şasi) 24

2.2.5.2 Trapez Şasi 25

2.2.5.3 X Şasi 25

2.2.5.4 Çatal Şasi 26

2.2.5.5 Platform şasi 26

2.2.5.6 Ana Kiriş Şasi 27

2.2.5.7 Kademeli Şasi 28

2.2.6 Şasi Malzemesi	29
2.2.7 Şasiye Etki Eden Kuvvetler	31
2.2.7.1 Boyuna Düşey Eğilmeye Zorlayan Yükler	32
2.2.7.2 Enine Düşey Eğilmeye Zorlayan Yükler	33
2.2.7.3 Yatay Eğilmeye Zorlayan Yükler	34
2.2.7.4 Burulmaya Zorlayan Yükler	34
3. KAYNAK	36
3.1 Kaynak İşlemi	36
3.1.1. elektrik Ark Kaynağı	37
3.1.1.1 Kaynak Arkı ve Arkın Elektriksel Karakteristiği	37
3.1.1.2 Gaz Altı Ark Kaynağı	38
3.2 Çeliklerin Isıl Özellikleri ve Kaynak Bölgesi	40
3.2.1 Isı İletim Katsayısı	42
3.2.2 Özgül Isı	42
3.2.3 Yoğunluk	42
3.2.4 Isı Transferi Katsayısı	42
3.3 Kaynak İşleminde oluşan Artık Gerilmeler ve Nedenleri	43
4. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ VE SAYISAL ANALİZLER	46
4.1 Sayısal Analizler	48
4.1.1 Katı Modelin Oluşturulması	48
4.1.2 Sonlu Elemanlara Ayırma	52
4.1.3 Yapısal Analiz	57
4.1.4 Boyun Bölgesinin Kaynaklı Birleştirme Modeli ve Yapısal Analizi	61
4.1.5 Boyun Bölgesinin Isısal - Yapısal analiz Gerekliliği	64
4.1.6 Boyun Bölgesinin Isısal Modelinin Oluşturulması ve Analizi	65
4.1.7 Isısal analiz Giriş Verileri	66
4.1.7.1 Solid 87 Isısal Eleman Tipi	67
4.1.7.2 Isısal Modelin Malzeme Özellikleri	67
4.1.8 Isısal Analiz	69
4.1.9 Isısal Yapısal Analiz	78
5. SONUÇ	85
KAYNAKLAR	86

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil Adı Sayfa

Numarası

-

- Şekil 2.1 Kuru yük tipi yarı römork. 8
Şekil 2.2 Kuru yük tipi yarı römork resmi. 8
Şekil 2.3 Jumbo tipi yarı römork. 9
Şekil 2.4 Jumbo tipi yarı römork teknik resmi. 10
Şekil 2.5 Kuru yük tipi ful yarı römork resmi. 11
Şekil 2.6 Kuru yük tipi ful yarı römork teknik resmi. 11
Şekil 2.7 Frigofirik yarı römorkun iç görünüşü. 13
Şekil 2.8 Frigofirik yarı römork resmi. 13
Şekil 2.9 Frigofirik yarı römorkun teknik resmi. 14
Şekil 2.10 Kapalı kasalı yarı römork. 15
Şekil 2.11 Kapalı kasalı yarı römork teknik resmi. 15
Şekil 2.12 Tanker şasi yarı römork. 16
Şekil 2.13 Tanker şasi yarı römork teknik resmi. 17
Şekil 2.14 Tanker tipi yarı römork. 17
Şekil 2.15 Damper şasi yarı römork. 18
Şekil 2.16 Damper tipi yarı römork. 19
Şekil 2.17 Damper şasi yarı römork resmi. 19
Şekil 2.18 Lowbed yarı römork resmi ve teknik resmi. 20
Şekil 2.19 Lowbed yarı römork detaylı teknik resmi. 21
Şekil 2.20 Dikdörtgen şasi. 25
Şekil 2.21 Trapez şasi. 25
Şekil 2.22 X şasi. 26
Şekil 2.23 Çatal şasi. 26
Şekil 2.24 Platform şasi. 27
Şekil 2.25 Ana giriş şasi. 28
Şekil 2.26 Kademeli tip şasi. 28
Şekil 2.27 Şasiye etkiyen yükler. 31
Şekil 2.28 Boyuna düşey eğilme. 33
Şekil 2.29 Enine düşey eğilme. 33
Şekil 2.30 Yatay eğilme. 34
Şekil 2.31 Burulma zorlanması. 35
Şekil 3.1 Ark kaynağının genel şeması. 38
Şekil 3.2 MIG/MAG kaynak donanımı. 39
Şekil 3.3 MIG/MAG kaynağının şematik gösterilişi. 40
Şekil 3.4 Kaynak bölgeleri. 41
Şekil 3.5 Isının tesiri altındaki bölgenin yapısı ve özellikleri. 41
Şekil 3.6 Çelik malzemeye ait özgül ısı, ısı iletim katsayısı ve ısı transfer katsayısının sıcaklığa bağlı olarak değişimi. 43
Şekil 3.7 Alın kaynağındaki büzülme gerilmeleri. 44

- Şekil 3.8 T bağlantısındaki büzülme gerilmeleri. 44
- Şekil 3.9 Alın kaynaklı birleştirmede distorsiyon. 45
- Şekil 3.10 T bağlantısındaki distorsiyon. 45
- Şekil 4.1 Lowbed yarı römork şasisinin 3 boyutlu katı modeli. 49
- Şekil 4.2 Lowbed yarı römork şasisinin 3 boyutlu katı modelinin farklı açıdan görünüşü. 50
- Şekil 4.3 Lowbed yarı römork şasisinin teknik resmi. 50
- Şekil 4.4 Lowbed yarı römork şasisinin arka mesnet bölgesi. 51
- Şekil 4.5 Lowbed yarı römork şasisinin ön mesnet bölgesi. 51
- Şekil 4.6 Lowbed yarı römork şasisinin geçiş bölgesinin (deve boynu) görünüşü. 52
- Şekil 4.7 Shell 188 eleman tipine ait şematik gösterimi. 53
- Şekil 4.8 Shell 188 eleman tipinin matematik ve sonlu eleman algoritması. 53
- Şekil 4.9 Lowbed yarı römork şasisinin sonlu elemanlara ayrılmış hali. 54
- Şekil 4.10 Lowbed yarı römork şasisinin sonlu elemanlara ayrılmış halinin farklı açıdan gösterimi. 55
- Şekil 4.11 Lowbed yarı römork şasisinin sonlu elemanlara ayrılmış halinin farklı açıdan gösterimi. 56
- Şekil 4.12 Lowbed yarı römork şasisinin sonlu elemanlara ayrılmış halinin farklı açıdan gösterimi. 57
- Şekil 4.13 Lowbed yarı römork şasisindeki yüklemeye oluşan 3 yönlü gerilmelerin Von Misses kriterine göre yapı içindeki dağılımı. 58
- Şekil 4.14 Lowbed yarı römork şasisindeki Von Misses kriterine göre maksimum gerilmenin olduğu bölge. 59
- Şekil 4.15 Lowbed yarı römork şasisindeki Von Misses kriterine göre maksimum gerilmenin olduğu bölgenin farklı açıdan incelenmesi. 60
- Şekil 4.16 Yapı üzerindeki deformasyonun yoğunlaştığı bölge. 61
- Şekil 4.17 Boyun bölgesinin kaynaklı birleştirme modeli. 62
- Şekil 4.18 Kaynak işleminden 1 sn sonra kaynak metalinde ve ana metalde oluşan maksimum ve minimum sıcaklıklar. 63
- Şekil 4.19 Kaynak işleminden 1 sn sonra kaynak metalinde ve ana metalde oluşan maksimum ve minimum sıcaklık bölgelerinin gösterilmesi. 64
- Şekil 4.20 Solid 87 ısısal eleman tipinin şematik gösterimi. 66
- Şekil 4.21 Kaynak malzemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişen termomekanik değerleri. 68
- Şekil 4.22 Boyun bölgesinin solid 87 nolu ısısal elemanla sonlu elemanlara ayrılmış hali. 69
- Şekil 4.23 Boyun bölgesinin 0.05 sn sonraki sıcaklık dağılımı. 70
- Şekil 4.24 Boyun bölgesinin 0.05 sn sonraki sıcaklık dağılımı (birleşim bölgesi), 71
- Şekil 4.25 Boyun bölgesinin 0.4 sn sonraki sıcaklık dağılımı. 72
- Şekil 4.26 Boyun bölgesinin 1 sn sonraki sıcaklık dağılımı. 73
- Şekil 4.27 Boyun bölgesinin 2 sn sonraki sıcaklık dağılımı. 74
- Şekil 4.28 Boyun bölgesinin 3 sn sonraki sıcaklık dağılımı (birleşim bölgesi). 75
- Şekil 4.29 Boyun bölgesinin 4 sn sonraki sıcaklık dağılımı (birleşim bölgesi). 76
- Şekil 4.30 Boyun bölgesinin 10 sn sonraki sıcaklık dağılımı (birleşim bölgesi). 77
- Şekil 4.31 Isısal yapısal analiz sonucunda Von Misses eşdeğer gerilme kriterine göre boyun bölgesindeki gerilme dağılımı (birleşim bölgesi). 78
- Şekil 4.32 Von Misses kriterine göre boyun bölgesinde kritik gerilme bölgesi. 79
- Şekil 4.33 Von Misses kriterine göre boyun bölgesinde kritik gerilme bölgesi. 80
- Şekil 4.34 Yapısal analiz gerilme dağılımı grafiği. 81

- Şekil 4.35 Yapısal ısısal analiz gerilme dağılımı grafiği. 82
Şekil 4.36 Analiz edilen parçanın taban gerilme değerleri grafiği. 82
Şekil 4.37 Analiz edilen parçanın üst yüzey gerilme değerleri grafiği. 83
Şekil 4.38 Isısal yapısal analiz ve yapısal analiz karşılaştırılması. 84
Şekil 4.39 Isısal yapısal analiz ve yapısal analiz karşılaştırılması grafiği. 84

ÖNSÖZ

Kaynaklı parçalardaki artık gerilmelerin Sonlu Elemanlar Yöntemi ile incelenmesi; dünyada uzun yıllardır, ülkemizde ise son yıllarda önemli bir çalışma konusudur. Çalışmamızda bu konuyu farklı bir bakış açısıyla ele alıp; lowbed şasinin kritik gerilme altındaki kaynaklı parçasını tespit ederek; bu parçayı Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Isısal Yapısal Analiz yaparak inceledik . Çalışmanın her aşamasında; gerek konunun seçiminde ve araştırılması sırasında, gerekse ANSYS programıyla analizi sırasında, yardımlarını esirgemeyen, kıymetli bilgilerini ve zamanını benimle paylaşan değerli hocam Yrd. Doç. Dr. İlker Eren'e ,

Eğitim hayatımı tamamladıktan yıllar sonra; çalışma hayatının yoğunluğu içerisinde , yüksek lisans eğitime başlama kararı almamda bana cesaret ve destek veren bütün hocalarıma ve arkadaşlarıma ,

Tüm hayatım boyunca fedakarlıklarıyla hep yanımda olan anneme;

Her türlü sıkıntımı ve mutluluğumu benimle paylaşan, her zaman en büyük destekçilerim olan eşim Hayati'ye , oğlum Batuhan' a teşekkür ederim.

Balıkesir, 2007 Fatmagül Tolun

1. GİRİŞ

1.1.Giriş

Karayolu taşımacılığı, ülkemizde ve dünyada en yaygın kullanılan taşımacılık şeklidir. Karayolu maliyetinin fazla olması nedeniyle taşıtlara getirilen bir takım teknik özellikleri ile ilgili kısıtlamalar ve ayrıca araçlarda kullanılan yakıt maliyetlerinin fazla olması nedeniyle karayolu taşımacılığında, özellikle de uluslar arası taşımacılıkta yarı römork tipi araçların kullanımını çoğaltmıştır.

Ağır yükler ve düzensiz bir takım yol şartlarında çalışan bu araçlarda belirli bir işletme süresi sonunda yapısal bir takım problemler görülmesi olağandır. Ortaya çıkan problemler genellikle kritik bölgelerde görülen gerilmeler ve bu gerilmelerin neden olabileceği hasarlardır. Bu nedenle şasi bağlantılarındaki gerilme ve deformasyon değerlerinin araştırılması ve oluşan problemlerin tasarım aşamasında giderilmesi önemlidir.

Bu çalışmada yarı römork şasisinde kaynaklı birleştirme yapılan bölümlerdeki şasi bağlantılarının gerilme analizi yapılmıştır.

Bilindiği üzere kaynaklı yapılarda oluşan artık gerilmeler gevrek kırılmaya sebep olurlar. Ve buda kaynaklı bölümdeki malzeme direncinin düşmesine sebep olur. Son yıllarda bilgisayar teknolojisinin gelişmesiyle paralel olarak sonlu elemanlar metodlarındaki gelişmeler bu analizleri oldukça kolaylaştırmıştır.

Çalışmamızda lowbed yarı römork şasisi ANSYS programında modellenip, üzerine dış yükler etkilmiştir. Bu analizin sonucunda incelenen kaynaklı bölgede oluşan kritik gerilme ve yer değiştirme değerleri tespit edilmiştir. Yine ANSYS programında kritik gerilme altındaki kaynaklı şasi bağlantısını ayrıca modellenip, öncelikle termal analiz yapıp daha sonrada üzerine etkiyen dış yüklerin sebep olduğu gerilmelerle birlikte ısısal yapısal analiz yapılmıştır. Ve analiz sonucunda

kaynaklı parçada hem artık gerilmelerin hem de dış yüklerin birlikte sebep olduğu deformasyonlar tespit edilmiştir.

Zafer Şenalp, Z. ve Bezer, Y. 2006 yılında yaptıkları çalışmalarında treyler şasinin bilgisayar destekli tasarımı ve sonlu elemanlar metodu ile yapısal analizini incelemişlerdir. Şenalp ve Bezer çalışmalarında treyler şasilerinde değişik çalışma koşullarında meydana gelen gerilme dağılımının önceden bilinmesinin tasarım gelişimi ve güvenliği açısından önemine değinmişlerdir. Pro Engineer kullanarak geometrik tasarımı yapılan konteyner taşıyıcı treylerin sonlu elemanlar metodu kullanarak, statik ve dinamik yükleme analizlerini yapmışlardır. Statik sonlu elemanlar analizleri için ANSYS, dinamik analizler içinse, Ls- Dyna / Explicit programları kullanılmıştır. [19]

Karaoğlu, Ç. 1999 yılında yaptığı çalışmasında sonlu elemanlar yöntemini kullanarak kamyon şasilerinde ana profil kalınlığının gerilmeler üzerindeki etkisini araştırmıştır. Çalışmada ANSYS 5.3 paket programı kullanılmıştır. [20]

Karaoğlu, Ç. ve Kuralay, N.S. 2002 yılında yaptıkları çalışmalarında kamyon şasilerinde kullanılan perçinli bağlantılardaki gerilim analizlerini sonlu elemanlar yöntemi ile incelemişlerdir. Çalışmalarında kamyon şasilerinde perçinli bağlantılardaki gerilmenin üretimden önce saptanmasının dizayn gelişimi için uygun olduğu vurgulanmıştır. Perçinli bağlantıdaki gerilme değerinin bağlantının kalınlığı ve uzunluğuna göre değişeceği ve bağlantı levhasının kalınlığının değiştirilmemesi durumunda uzunluğunun arttırılmasının iyi bir alternatif olacağı sonucuna varılmıştır. Çalışmalarında ANSYS 5.3 programını kullanmışlardır. [21]

Ereke, İ.M. 2006 yılında yaptığı çalışmasında; taşıt gövde ve parçalarının günümüz teknolojisinden de yararlanılarak, yeni bir taşıt modeli oluşturulurken kullanılması gereken ileri tasarım teknikleri ve sistematüğini ele almıştır. [22]

Ereke, İ.M. ve Yay, K. yaptıkları çalışmada, çift katlı otobüs gövdesinin bilgisayar destekli yapısal optimizasyonunu incelemişlerdir. Çalışmada 3 boyutlu yerli bir otobüs modeli (Sonlu Elemanlar Yöntemi) İDEAS programında

oluşturulmuş, üç ayrı zorlama altında gerilme analizi yapılmıştır. Bu zorlamaların sonucunda, modelin gerilme analizleri yapılarak oluşan maksimum gerilmelerin yerleri tespit edilmiştir. Ve oluşan maksimum gerilmelerin sınır değerleri aşıp aşmadığı kontrol edilerek, elde edilen sonuçlar değerlendirilmiştir. [23]

Dinçer, S. 2004 yılında (Sonlu Elemanlar Yöntemi'ni) kullanarak, yeni Ford Cargo aracının kapı dayanım analizlerini yapmıştır. Bu çalışmada; sonlu elemanlar yönteminin otomotiv sektöründe tasarım aşamasında kullanılmasının önemi ve faydaları vurgulanmıştır. Çeşitli testler yapılarak elde edilen sonuçlarla sonlu elemanlar analiz sonuçları karşılaştırılmıştır. [24]

Arslan, Ö., Tuncer, A. ve Tandoğan, F.O. 2004 yılında yaptıkları çalışmalarında sonlu elemanlar yöntemini kullanarak, kamyon şasisinde ve kabininde meydana gelen titreşimleri analiz etmişlerdir. Sonlu elemanlar desteği ile optimize edilen şasi geometrisi üzerinde yapılan testler ile bilgisayar destekli mühendislik (CAE) analizlerinde elde edilen sonuçlar arasında uyumluluk gözlenmiştir. [25]

Marshall 1968 de , Megson ve Alade 1976 yılında yaptıkları çalışmalarda geniş kapsamlı analizlerin hepsinde MFM uyguladılar. Çalışmalarda eğilmenin istenmediği bölümleri kapsayan tüm dayanım hesaplarından elde ettikleri sonuçlarla deneysel sonuçların uyuştugu görülmüştür. [26]

Oehlschlaeger 1977 yılında yaptığı çalışmada araçların şasi çerçevelerindeki burulmanın hesaplanması için geliştirilen bilgisayar programını sundu. [27]

1977 yılında araçların şasi çerçevelerinde ve açık kesitli elemanlarda oluşan burulmanın önlenmesi, Beermann tarafından araştırıldı. [28]

1980 yılında Beermann araçların şasi bağlantıları ile burulma altındaki kapalı bölümlerdeki kesit elemanlarını araştırdığı çalışmasını sunmuştur. [29]

1980 yılında Oehlschlaeger tarafından yapılan çalışmada, sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan nümerik hesaplarda esneklik matrisi kullanıldı. Bu çalışmada

genel kamyon şasilerindeki burulmadaki esneklik oranı, burulma dayanımı ve momentlerle ilgili bir dizi küçük sonuçlar elde edilmiştir. [30]

1992 yılında yaptığı çalışmada Kwangju, L. araç yapılarında esnek yapılar metodunu sunmuştur. Metod; bağlantı modelinin en önemli parametrelerini ve yapıda kullanılan yer değiştirme ölçülerinin değer hesaplarını tanıtmıştır. [31]

1977 yılında Oehlschlaeger tarafından yapılan çalışmada, araçların burulan şasi çerçevelerindeki düğüm noktalarının yerleşiminin burulma sabiti ve burulma gerilimi üstüne nasıl etki ettiği araştırılmıştır. [32]

1984 yılında Beermann tarafından yapılan çalışmada, yan bölüm elemanları ve kesit elemanları için, çubuk elemanlarla çözüm eldesi ve bağlantı yerlerinde sonlu eleman idealleştirmesini birleştiren analiz olan hybrid metodunu sundu. [33]

Karayel, D., Özkan, S.S.ve Akkaş, N. 2006 yılında yaptıkları çalışmalarında, kaynak bağlantılarının bilgi tabanlı sistemler kullanılarak tasarımı üzerinde durmuşlardır. Kaynak bağlantılarının tasarımının baştan sona bilgisayar ortamında gerçekleşmesi için bütünlük bir sistem oluşturmayı amaçlayan bu çalışma; CAD yazılımlarıyla, ANSYS sonlu elemanlar yazılımlarıyla ve Matlab hesaplama yazılımlarıyla etkileşimli çalışan çok platformlu bir bilgisayar programının hazırlanmasına yöneliktir. Çalışma tamamlandıktan sonra bu konudaki boşluğu dolduracağı düşünülmektedir. [35]

Benli, S. 2004 yılında hazırladığı yüksek lisans tezinde, kaynaklı parçalarda oluşan artık gerilmeleri incelemiştir. Bu çalışmada kaynaklı parçalarda oluşan artık gerilmeler, sonlu elemanlar yöntemi ile modellenip analiz edilmiştir. [15]

Karaoğlu, S., ve Karaoğlu, Ç. 2002 yılında yaptıkları çalışmalarında, T bağlantılarda kaynak eşiğindeki gerilme yığılması faktörünü; çekme ve eğilme yükleri altında sonlu elemanlar yöntemi ile incelemişlerdir. Ve daha önceki bu konuda yapılan çalışmalarla uyumlu sonuçlar elde etmişlerdir. [37]

Ucun, İ., Talas, Ş. ve Taşgetiren, S. 2005 de yayınladıkları çalışmalarında, tek ve çift bölgeli kaynaklanmış iki çelik plakanın ve iki silindirin sonlu elemanlar metodu ile statik analizleri incelenmiştir. Analizlerde gerilme dağılımı bulunmuş ve geçiş bölgesi uzunluğunun gerilme değerlerine etkisi araştırılmıştır. [38]

1.2 Tarihçe

Dünyada insanlar, ilk çağlardan itibaren yaşamak için hayatını kolaylaştırmayı amaç edinmiştir. İnsanoğlu M.Ö. 3000 yıllarında tekerleğin icadı ile kendisine yarayacak teknik gelişmelere büyük adım atmıştır. Çömlekçilerin kil toprağını işlemede yardımcı araç olarak kullanılan tekerleğin; aynı dönemde odun, eşya ve insan taşımak amacıyla, düz kasaların altına takılarak yapılan arabalar dünya tarihindeki ilk römorklardır.

Önceleri insan ile çekilen bu ilkel römorklar, daha sonra evcil hayvanlara çektirilmişlerdir.

Ulaşım alanında tekerleğin yol açtığı büyük devrimi, içten yanmalı motorların 1850' li yıllarda gündeme gelmesi takip etmiştir. Önce Belçikalı mucit Etienne Lenoir tarafından ilk kullanışlı içten yanmalı motor icat edildi ve sonrada Alman Nikolaus Otto 1876'da gelişmiş ilk motoru yaptı. Pistonun dört hareketi ile yaratılan 'Dört Zamanlı' adı verilen bu motor; Gottlier Daimler ve Kari Benz tarafından geliştirilerek, 1885'de ilk otomobil üretildi. 1908'de Ford seri üretime ilk 'T' modeli otomobili geçirdi. Böylece motorlu taşıtlar, seri olarak insan hayatına girdiler.

1919 yılında Amerika'da Reliance, Fruehauf, Dorsey gibi kişilerde daha sonra isimleri ile tanınacak şirketlerinde T Forst modeli pikap tarzı kamyonları değiştirip, küçük ince römorklara üreterek ilk katarları yaptılar.

Çekici ve yarı römorkun oluşturduğu katar günümüzde bütün dünyada karayollarında yük taşıma aracı olarak en çok kullanılan taşıttır. Dünyanın globalleşmesi ile paralel olarak uluslar arası ticaretin aktifleşmesi; kara, deniz, hava

ve raylı taşımacılık sektörlerini harekete geçirmiştir. Kara yolu taşımacılığı diğer taşımacılık yollarına kıyasla; ekonomik olması sebebiyle en çok tercih edilen taşımacılık yöntemi olmuştur.

Kara yolu taşımacılığı ucuz olmasına rağmen, yükü taşıyan yol zeminin maliyetinin yüksek olması sebebiyle taşıtlar; hız, taşıma kapasitesi, uzunluk, genişlik ve yükseklik gibi teknik özelliklerinde bir takım sınırlandırmalara tabii tutulmuşlardır. Bununla birlikte; karayolu araçlarında kullanılan yakıtın pahalı olması da, taşıma seferlerinin en minimum sayıda yapılmasını getirmiştir. Bu sebeplerden dolayı; taşımacılıkta yarı römorkların kullanımı tercih nedeni olmuştur.

[1]

Yarı römorklar, uluslar arası yollarda kullanılırlar. Yük taşıma kapasitesini artırmak amacıyla ve ihtiyaç şekline yönelik olarak farklı tip ve teknik ölçülerde araçlar üretilmiştir. Bu üretilen araçların bir kısmı standartlaştırılmıştır. Standartlaştırılan yarı römorkların en belirginleri; kuru yük tipi yarı römork, van tipi (kapalı kasalı) yarı römork, tanker tipi yarı römork, damper tipi yarı römork ve çalışma konumuz olan lowbed yarı römorktur. Bu tiplerin dışında, özel ihtiyaca yönelik olarak tahıl taşıyıcı (silo bus), pamuk taşıyıcı, meşrubat taşıyıcı, otomobil taşıyıcı, meşrubat taşıyıcı v.b. yarı römorklar imal edilmiştir.

2. YARI RÖMORKLAR

2.1 Yarı Römork Çeşitleri

Yarı römorklar, son yıllarda kara taşımacılığında büyük önem kazanmışlardır. Personel ve işletme masraflarında büyük bir fark olmadan az bir yatırım ilavesi ile daha fazla yük taşıma imkanı elde edildiği için; büyük nakliye şirketleri filolarındaki kamyon adedi yerine, römork adetini artırma yoluna gitmektedirler. Bu sistem taşıma bedellerini ucuzlattığı için; bilhassa uzak mesafelerde kamyon taşımacılığı römork taşımacılığı ile rekabet edememektedir. [7]

Ancak taşınacak malzemenin cinsine ve konumuna göre, farklı tiplerde römork imal edilmesi gerekir. En yaygın ve belirgin kullanılan römorklar; kuru yük tipi, van tipi, tanker, damper, lowbed olmak üzere beş ana grupta toplanır.

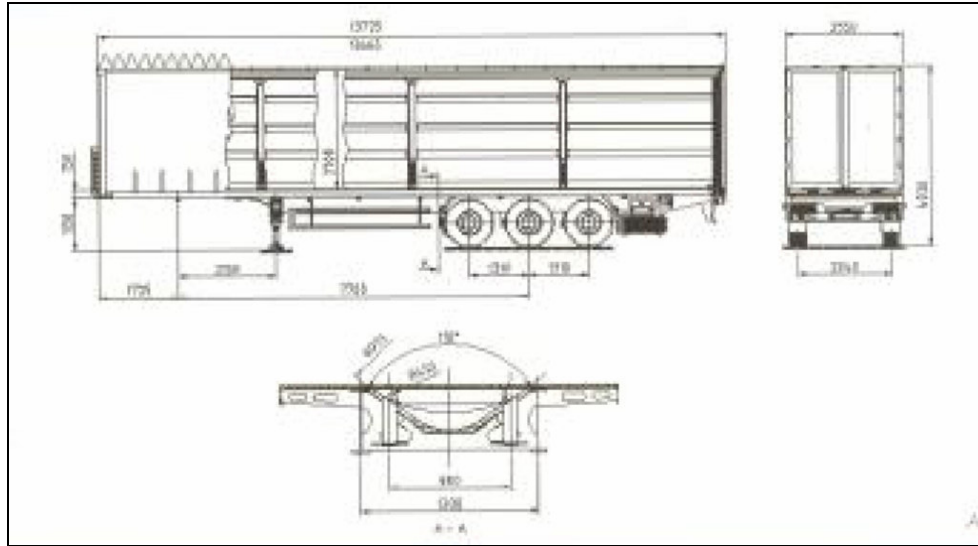
2.1.1 Kuru Yük tipi Yarı Römork

2.1.1.1 Platform Tipi Yarı Römork

Bu tip yarı römorklar; parti veya koli şeklinde, kuru, dayanıklı yük taşımak amacıyla kullanılırlar. Taşınan malzemelere örnek olarak her türlü sandıklanmış elektronik eşya, beyaz eşya, kumaş, kağıt gibi ürünleri örnek verebiliriz. Aracın şasisi yüksek mukavemetli çelikten imal edilmiştir. I kesitli kirişler ve z kesitli kroslardan oluşmuştur. Şasi tozaltı veya gazaltı kaynağı uygulamasıyla birleştirilmiştir. Üç dingilli ve (6+1) lastiklidir. İç hacmi 83 m³ dür. Malzemenin kolayca yüklenip boşaltılabilmesi amacıyla, aracın yan tarafındaki dikmeler sökülüp takılabilir monte edilmiştir. Ve istenirse aracın üst grubu tamamen çıkartılarak sal kasa haline getirilebilir. Aracın tabanı fenol reçine kaplı özel taban kontraplak kaplaması ile kaplanmıştır. Yarı römorkun tente iskelet grubu her türlü iklim koşullarında (-30°C-70°C) dayanıklı, 660 gr/m² ve 9x9 dokuma ile üretilen PVC esaslı ithal branda ile kaplanır. [3]



Şekil 2.1. Kuru yük tipi yarı römork [4]



Şekil 2.2 Kuru yük tipi yarı römork teknik resim

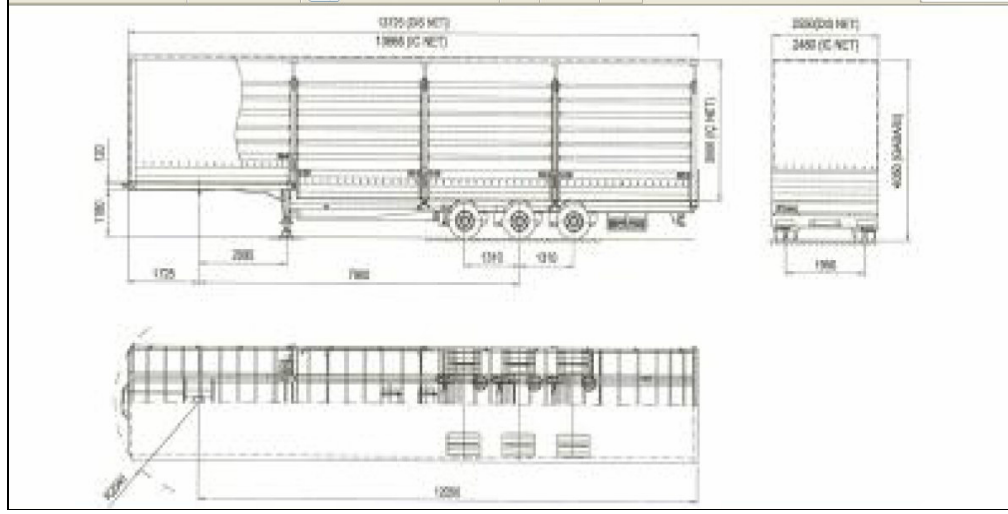
2.1.1.2 Jumbo Tipi Yarı Römork

Bu tip yarı römorklar; parti veya koli şeklinde, kuru, dayanıklı yük taşımak amacıyla kullanılırlar. Taşınan malzemelere örnek olarak; her türlü sandıklanmış elektronik eşya, beyaz eşya, kumaş, kağıt gibi ürünleri örnek verebiliriz. Araç iç hacmini arttırmak amacıyla, şasi kademeli olarak yapılmıştır. Aracın şasisi yüksek

mukavemetli çelikten imal edilmiştir. I kesitli lonjeronlar ve z kesitli kroslardan oluşmuştur. şasi tozaltı veya gazaltı kaynağı uygulamasıyla birleştirilmiştir. Üç dingilli ve (6+1) lastiklidir. İ hacmi 95 m³ dür. Malzemenin kolayca yüklenip boşaltılabilmesi amacıyla aracın yan tarafındaki dikmeler sökülüp takılabilir monte edilmiştir. Ve istenirse aracın üst grubu tamamen çıkartılarak, sal kasa haline getirilebilir. Aracın tabanı fenol reçine kaplı özel taban kontraplak kaplaması ile kaplanmıştır. Yarı römorkun tente iskelet grubu her tülü iklim koşullarında (-30°C-70°C) dayanıklı, 660 gr/m² ve 9x9 dokuma ile üretilen PVC esaslı ithal branda ile kaplanır. [3]



şekil 2.3 Jumbo tipi yarı römork [4]



Şekil 2.4 Jumbo tipi yarı römork teknik resmi

2.1.1.3 Kuru Yük Tipi Ful Yarı Römork

Bu tip yarı römorklar; kamyon üzerine imal edilen , yarı römork benzeri daha küçük ebatlı römork şasisi üzerine tente iskeleti koyularak oluşturulur. Ful yarı römorklara Karayolları Tüzüklerinin müsaade ettiği uzunluk 18 m. olduğu için daha fazla yük taşımak için kamyonlar bu şekilde değerlendirilmektedir. Bu tipteki yarı römorklarda; kuru dayanıklı parti yada koli şeklinde yük taşımaya elverişlidirler. Kamyon kasası iç hacmi 54 m^3 römork iç hacmi ise; 58 m^3 dür. Böylelikle toplam iç hacim 112 m^3 olmaktadır.

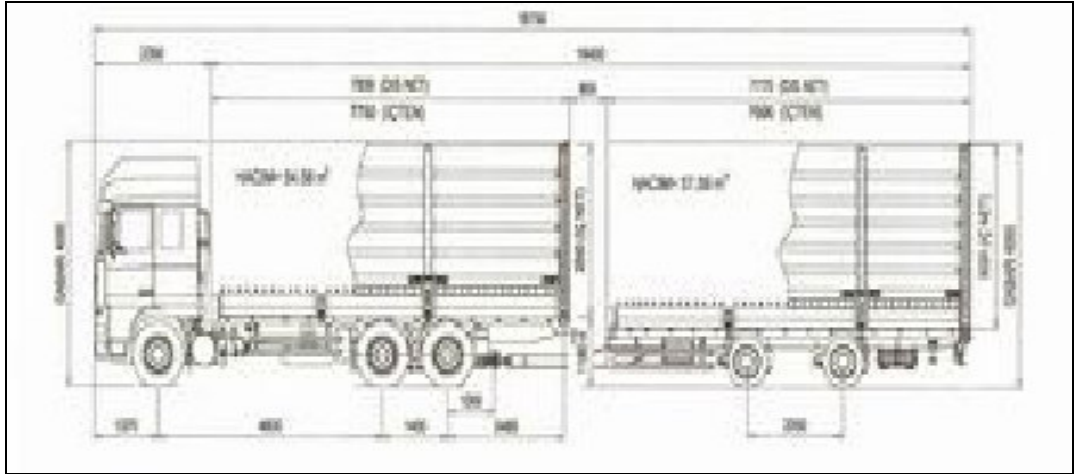
Ful yarı römorktaki kamyon ile römork arasındaki bağlantı, kamyon şasisine bağlanan kurt ağızı ile römork şasisine bağlanan çeki oku vasıtasıyla olur. Römork 2 dingilli ve (8+1) tekerleklidir. Aracın şasisi yüksek mukavemetli çelikten imal edilmiştir. I kesitli kirişler ve z kesitli kroslardan oluşmuştur. Şasi tozaltı veya gazaltı kaynağı uygulamasıyla birleştirilmiştir.

Malzemenin kolayca yüklenip boşaltılabilmesi amacıyla; aracın yan tarafındaki dikmeler sökülüp takılabilir monte edilmiştir. Ve istenirse aracın üst grubu tamamen çıkartılarak, sal kasa haline getirilebilir. Aracın tabanı, fenol reçine kaplı özel taban kontraplak kaplaması ile kaplanmıştır. Yarı römorkun tente iskelet

grubu, her tülü iklim koşullarında (-30°C-70°C) dayanıklı, 660 gr/m² ve 9x9 dokuma ile üretilen PVC esaslı ithal branda ile kaplanır. [3]



Şekil 2.5 Kuru yük tipi ful yarı römork [4]



Şekil 2.6 Kuru yük tipi ful yarı römork teknik resmi

2.1.2 Van Tipi (kapalı Kasalı) Yarı römork

2.1.2.1 Frigofirik Yarı Römork

Bu tür yarı römorklar, paketlenmiş taze bozulabilir gıda (et, yumurta, balık vb.) her türlü dayanıksız yük taşımak amacıyla üretilirler. Taşınan yükler kasalarda, veya kolilerde paketlenmiştir. Frigofirik yarı römorklarda taşınan yükün bozulmaması için, yük özelliğine uygun olarak soğutucu yardımıyla soğutma yapılır. Soğutucular yükün özelliğine uygun tipte ve soğutma gücünde seçilir. Soğutucular elektrikli veya mazotlu olarak kullanılabilir. Aracın şasisi yüksek mukavemetli I profil çelikten imal edilmiştir. Şasi tozaltı veya gazaltı kaynağı uygulamasıyla birleştirilmiştir. Araç 3 dingilli ve (6+1) tekerlekli dir.

Yan duvarlarda da; ısı geçişini engellemesi amacıyla poliüretan panellerle izole edilmiş, dışardan ve içerden alüminyum panellerle 57 mm. kalınlığında sandviç hale getirilerek kullanılır. Tavan kaplamasında da aynı şekilde hem tavan mukavemetini sağlayacak alüminyum kroslarla takviye edilmiş, hem de ısı geçişini engellemek amacıyla 85 mm. kalınlığında poliüretan panellerle izole edilmiştir.

Aynı işlem tabanda da yapılmıştır. Mono blok şasi üzerine oturtulan taban poliüretan malzeme ile ısı köprüsü oluşturulmuş, yükün kaymaması için tabana 4-5 mm. kalınlığında baklavalı alüminyum veya 30 mm. kalınlığındaki oluklu alüminyum döşenir. Bu şekilde araçlar, Uluslar arası Standartların istediği ATP C sertifikasını alırlar.

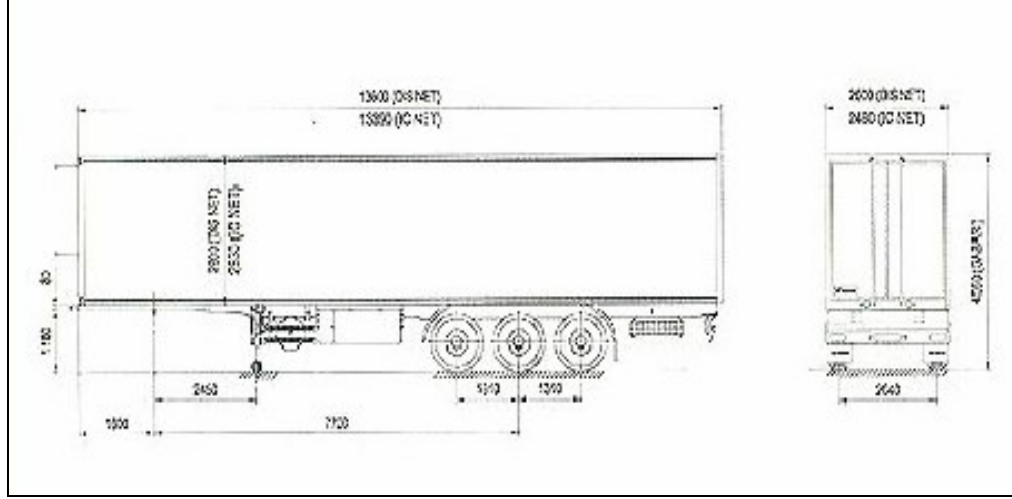
Arka kapılarda da benzer konstrüksiyon vardır. Kapılar kapandığı zaman ısı kaçmaması için; hem dışta gri PVC, hem de içte siyah lastik conta vardır. Bu malzemeler, kapılarda TIR regülasyonuna uygun şekilde perçin ve alüminyum çıtalar ile monte edilirler.



Şekil 2.7 Frigofirik yarı römorkun iç görünüşü [4]



Şekil 2.8 Frigofirik yarı römork [4]



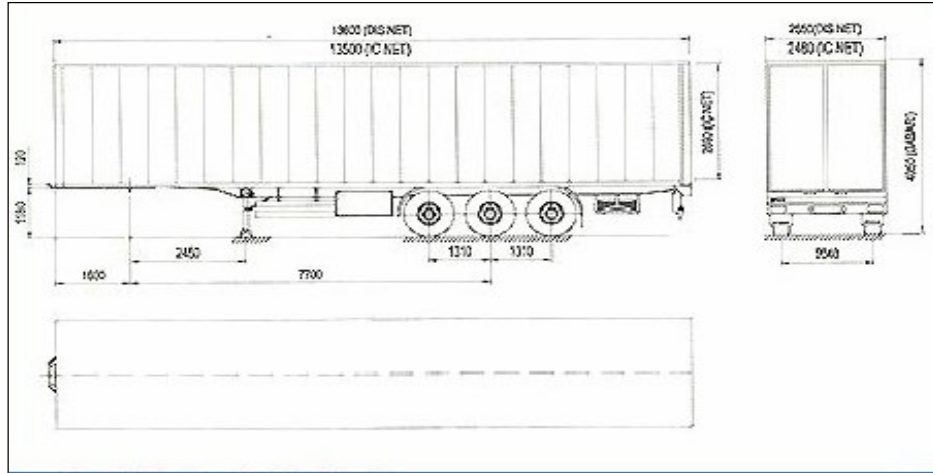
Şekil 2.9 Frigofirik yarı römork teknik resmi

2.1.2.2 Kapalı Kasalı Yarı Römork

Bu tip yarı römorklarla; parti, koli, tekstil, kuru, dayanıklı yük taşınır. Araç iç hacmini arttırmak amacıyla, şasi kademeli olarak yapılabileceği gibi düz olarak da yapılabilir. Taşınan malzemelere örnek olarak; sandıklanmış her türlü malzeme, kumaş topları, özel iç tertibat yapılarak askılı elbise taşıma, beyaz eşya v.b. ürünleri sayabiliriz. Aracın iç hacmi 95 m³dür. Malzemenin kolayca yüklenmesi ve boşaltılması amacıyla, yan tarafına kapı yapılabilir. Aracın şasisi yüksek mukavemetli I profil çelikten imal edilmiştir. Şasi tozaltı veya gazaltı kaynağı uygulamasıyla birleştirilmiştir. Araç 3 dingilli ve (6+1) tekerleklidir. Araç tabanı; fenol reçine kaplı özel taban kontraplak kaplaması ile kaplanmıştır.



Şekil 2.10 Kapalı kasalı yarı römork [4]



Şekil 2.11 Kapalı kasalı yarı römork teknik resmi

2.1.2.3 Van Tipi Ful Yarı Römork

Bu tip römorklar; kamyon üzerine imal edilen kasa ile yarı römork benzeri daha küçük ebatlı römork şasisi üzerine, kapalı kasa koyularak oluşturulur. Malzemenin kolayca boşaltılabilmesi için, yan tarafında kapı yapılabilir. Kamyon kasası iç hacmi 54 m^3 dür. Römork iç hacmi ise 58 m^3 dür. Böylece toplam iç hacim 112 m^3 olmaktadır. Şasinin genel yapısı ve özellikleri açısından kuru tip ful yarı römorkla aynıdır.

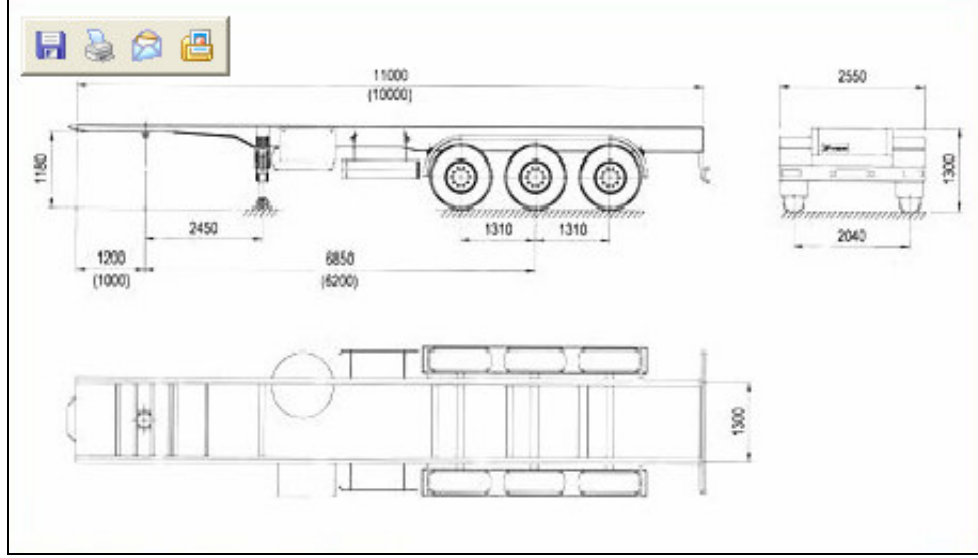
2.1.3. Tanker Şasi Yarı Römork

Tanker yarı römorklar; sıvı akışkan ve granül madde taşımak için imal edilen araçlardır. Özellikle taşıdığı malzemeler mazot, fuel-oil, su, yağ, süt, buğday, granül toz v.b. maddelerdir. Granül toz, buğday vb. ürünleri taşımak için bazı ilave konstrüksiyonlar yapmak gerekir. 30.000-33.000-36.000 litre kapasiteli tankerler mevcuttur. Kullanıma göre 4-5 bölmeli mono blok gövdeli yapılabilir. Aracın yol emniyetini arttıran iki veya üç dalgakıran yapılıdır.

Aracın şasisi yüksek mukavemetli I profil çelikten imal edilmiştir. Şasi; tozaltı veya gazaltı kaynağı uygulamasıyla birleştirilmiştir. Araç 2 veya 3 dingilli yapılabilir. Şekil1.12 deki yarı römork 3 dingilli ve (6+1) tekerleklidir.



Şekil 2.12 Tanker şasi yarı römork [4]



Şekil 2.13 Tanker şasi yarı römork teknik resmi



Şekil 2.14 Tanker tipi yarı römork [5]

2.1.4. Damper Şasi Yarı römork

Damper yarı römorklar; granül, kaya, kum, kömür v.b. maddeleri taşımak amacıyla üretilen araçlardır. Özellikle taşıdıkları malzemeleri; maden ocakları, kum

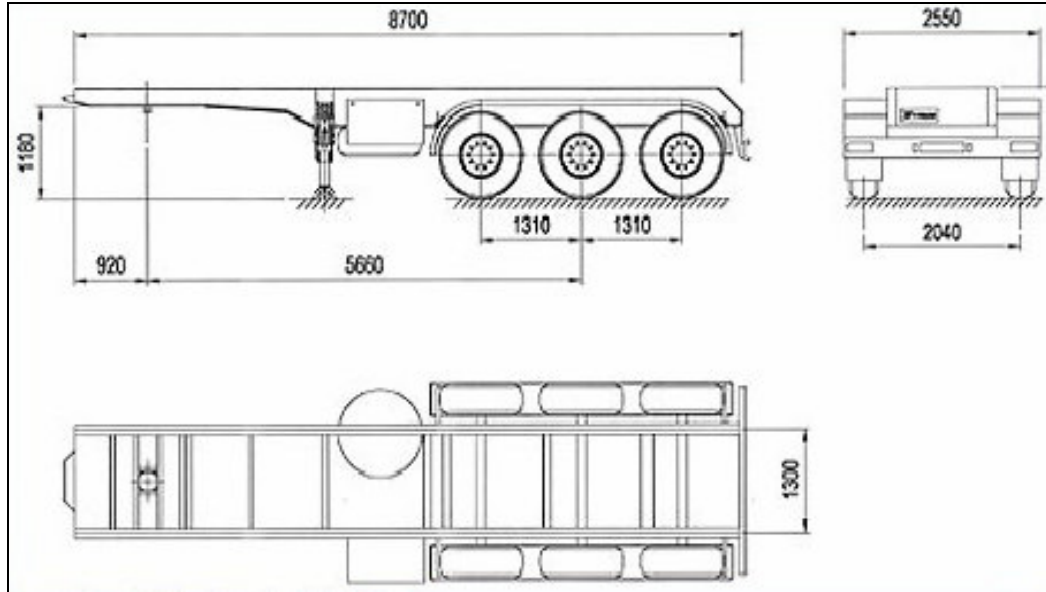
ocakları gibi yolları uygun olmayan ortamlardan alırlar. Damper yarı römorkların kapasitesi 14 m³ den 40 m³ e kadar değişebilir. Mekanik süspansiyonludurlar. Şasileri yüksek mukavemetli, I profil çeliktendir, Tozaltı veya gazaltı kaynağı ile yapılırlar. İki veya üç dingilli üretilebilirler. Damperin ön duvarına yerleştirilen teleskop silindir vasıtasıyla araç kaldırılarak boşaltma işlemi yapar. Malzemenin kolay boşaltılabilmesi ve aracın içine yapışarak aracın dengesini bozmasını için kuvvet tipi yapılıdır.



Şekil 2.15 Damper şasi yarı römork [4]



Şekil 2.16 Damper tipi yarı römork [3]



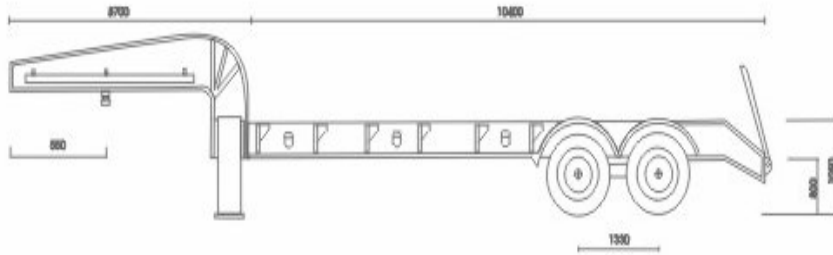
Şekil 2.17 Damper şasi yarı römork teknik resmi

2.1.5 Lowbed Yarı Römork

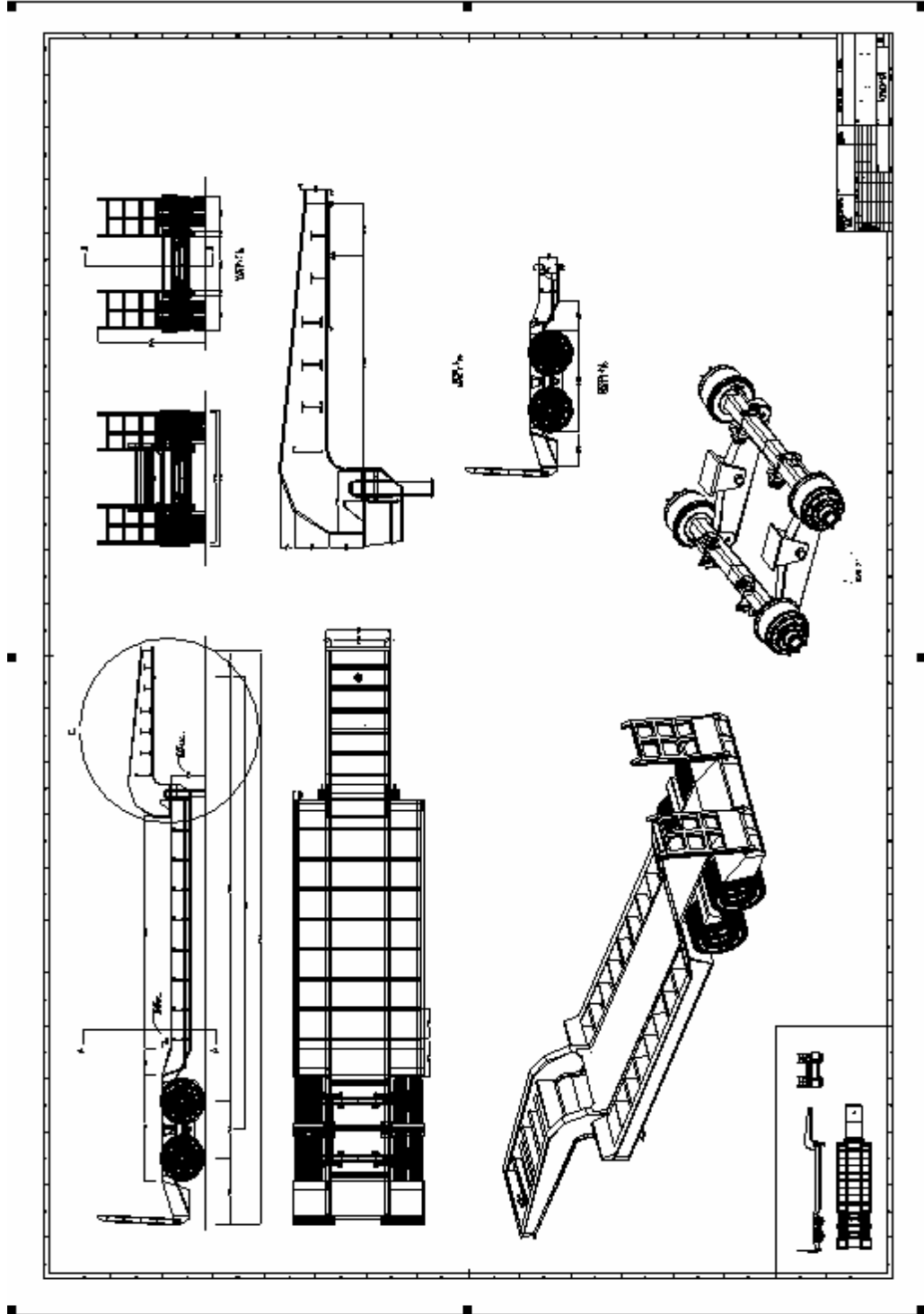
Lowbed yarı römork, diğer adıyla alçak zeminli yarı römorklar; iş makineleri, taşıtlar ve bu gibi ağır taşıma gerektiren bir takım yüklerin taşınması amacıyla üretilen araçlardır. Özellikle taşıdıkları yükler şehirler arası yollara çıkması uygun olmayan bir takım özel iş makineleri ve yeni imal edilmiş ve plazalara sevk edilen otomobil veya kamyonet gibi taşıtlardır. Lowbed yarı römork yaygın kullanılan bir yarı römork tipidir. Şasilerinin boyutları taşıdıkları yüklere göre farklılık gösterebilir.

Şasileri; yüksek mukavemetli I kesitli gövde ve I kesitli kroslardan oluşur. Şasi uluslar arası standartlara uygun, eğilme ve burulmalara karşı yüksek mukavemetli olarak imal edilmiştir. Şasi tozaltı veya gaz altı kaynağı ile imal edilir. Taban döşemesi faydalı platformlu 80 mm kalınlığında sert ağaçla kaplanmıştır. Yüklenecek iş makinesine göre ayarlanabilen 2 adet yükleme rampası vardır.

: : : : : : LOWBED YARI RÖMORK : : : : : :



Şekil 2.18 Lowbed yarı römork resmi ve teknik resmi [2]



Şekil 2.19 Lowbed yarı römork detaylı teknik resmi

2.2 Yarı römork Montaj Grupları

Yarı römorkların ana parçası şasidir. Ayrıca şasi haricinde, tente iskeleti , süspansiyon ve dingil, fren ve elektrik sistemleri de yarı römorku oluşturan diğer parçalarıdır.

2.2.1 Şasi

Şasiler araçların ana parçasıdır. Genel olarak otomotiv sanayinde kullanılan şasilerin çoğu değişiktir. Her firmanın yaptığı şasi çerçeveleri birbirinden farklıdır. Şasilerin hepsi ayrı ayrı şekillerdedir. Çeşitli mühendislerin görüşleri değişik olduğundan, düşünce mahsulü olan şasi çerçeveleri de birbirinden farklıdır. [6]

Yarı römorklarda farklı tipte şasiler olmasına rağmen; en yaygın olanlarında I tipi kros şasiler ana kiriş olarak kullanılırlar. Ana kirişin içinden 80 mm. ile 100 mm. arası NPI I profiller geçerek kaynak edilirler. Ful treyler uygulamalarında yarı römork şasisine benzeyen, fakat daha kısa ebatlı römork şasileri ile beraber, kamyon şasilerinin üzerine uyumlu şasi konstrüksiyonları da yapmak gerekir. Şasiler, römork imalatındaki ana parçalardır. Bütün diğer montaj gruplarını oluşturan parçalar, şasi üzerinde toplanırlar.

Şasi konusu, bu tez çalışmasının temel konusudur ve geniş olarak 2.2.5 de incelenecektir.

2.2.2 Tente iskeleti

Tente iskeleti, aracın gövde kısmını oluşturur. Şasi üzerine takılan tente iskeleti, aracı yük taşımaya elverişli konuma getirir. Aracın içine yükün kısa bir sürede ve kolayca sökülüp takılabilen emniyetli bir sistemle teçhiz edilmesi gerekir.

Bu nedenle tente iskeleti sabit veya sökülebilir olarak dizayn edilen dikmeler ile alüminyum, ahşap şekillendirilmiş saçlardan yapılan yan kapaklardan oluşur. Yüksekliği 600mm. ile 800 mm. arasında değişen, yan kapakların üst boşluğunda ise; dikmeler arasındaki yükün kaymaması için alüminyum veya ahşap malzemeden

tente altı uzatması kullanılır. Dikme kapaklar ve çatının üstü, yükün dış hava koşullarından etkilenmemesi için branda ile kaplanır.

2.2.3 Süspansiyon ve Dingil

Süspansiyon ve dingil grubu; aracın yola en yakın temas halindeki grubu olup, önemli kısımlarını oluştururlar.

Aracın taşıyacağı yüke uygun olarak tek, çift veya üç dingilli olarak dizayn edilirler. Genelde üç dingilli olarak yapılan araçlarda, her dingil 9 ton taşıma kapasitesine sahiptir. Ve yuvarlak veya kare kesitlidirler. Dingillerde araç boş halde iken, lastik aşınması olmaması için ön dingilde kaldırma sistemi kullanılır.

Süspansiyon sistemleri; yaylı ve hava yastıklı olmak üzere iki tiptedir. Son yıllarda hava yastıklı sistemler yük dengeleyici valflerin devreye girmesi ile hava yastığındaki hava miktarını sabit tutarak, yük taşıyan araçların yola paralel ve sarsıntısız gitmesini sağlar.

Hava yastıklı süspansiyon sistemleri, birbirinden bağımsız olarak çalışan sistemlerdir. Sistemi araç altına tek olarak bağlayabildiğimiz gibi; ikili olarak da bağlayarak iki akslı süspansiyon sistemi (tandem), üçüncü aks ilave edilerek üç akslı süspansiyon sistemi (tridem) elde edilir. Bu sistemin en önemli özelliği, hava yastıklarının birbirinden bağımsız hareket etmesidir. Dingillerden herhangi biri bir kitlenin üzerine geldiğinde, diğer dingillerden bağımsız olarak farklı yüksekliklere çıkabilir.

2.2.4 Fren ve Elektrik Sistemi

İSO standartlarına uygun otomatik yük ayar valfi ve devre filtreli biri işlem hatlı, diğeri emniyet hatlı havalı fren hatları döşenmiştir. Kullanılan elektrik sistemi lamba ve reflektörleri gerekli aydınlatmayı sağlarlar.

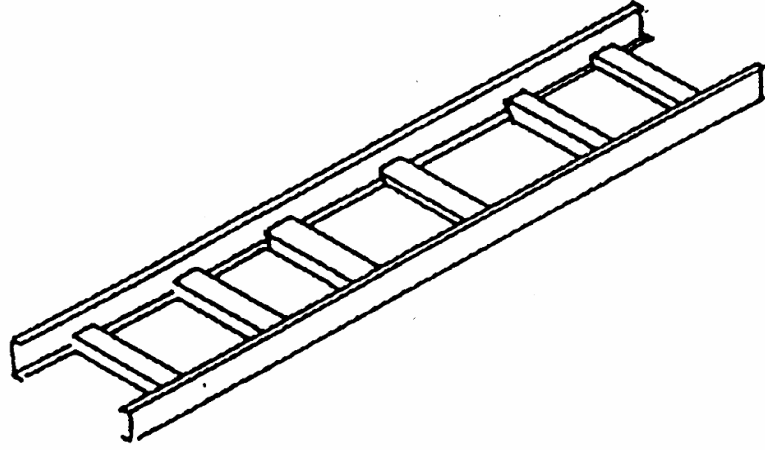
2.2.5 Şasi

Bütün taşıtlar, öncelikle kendi ağırlıklarını ve üzerlerine yüklenen yükleri taşıyan bir gövdeye sahiptirler. Kullanım amaçlarına göre taşıtların gövdeleri farklı farklı tasarlanır. Ancak; genel olarak iki ana kısımdan oluşurlar. Şasi ve karoseri. Şasi çerçevesi, taşıtın ana taşıyıcılık görevini yerine getiren parçasıdır. Karoser ise; taşıta şekil veren, bir takım fonksiyonlarını yerine getirmesi için ana hacim sağlayan kısımdır. Ağır kamyonlar ve yük taşıyan taşıtlar şasilidir. Ve şasinin üzerinde yük taşımaya sağlayan kasa ile sürücü kabini vardır. Eski dönemlerde, binek otomobiller şasili üretilirdi. Ancak son dönemlerde; artık takviye edilmiş karoseri ile yekpare gövde halinde yapılmaktadır. Kendi kendini taşıyan karoseri, tabanı kuvvetlendirilmiş bir yapıdadır. Saç gövde gerekli takviyelerle ve şekil mukavemeti yardımıyla dayanıklı hale getirilmektedir.

Taşıtlarda en yaygın kullanılan şasi tipleri; dikdörtgen şasi, trapez şasi, X şasi, çatal şasi, platform şasi, ana kiriş şasi ve kademeli şasi olarak konunun devamında incelenmiştir.

2.2.5.1 Dikdörtgen şasi (Merdiven Şasi)

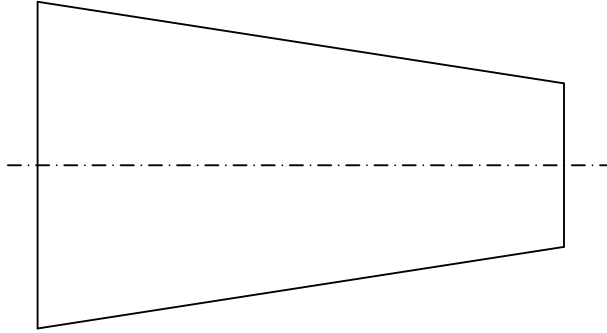
En yaygın kullanılan şasi tipidir. Genellikle kamyon ve otobüslerde kullanılır. Otomobillerde uygulaması hemen hemen yoktur. İki boylamasına kiriş ve ikiden fazla enlemesine kirişten oluşur. Kiriş profilleri genellikle açık kesitlidir. Perçin veya cıvata bağlantılı olarak birleştirilirler. Nadiren kaynaklı birleştirme yapılır. İmalatı ucuz ve basittir. Şekil 2.20 de bu şasiye örnek verilmiştir.



Şekil 2.20 Dikdörtgen şasi

2.2.5.2 Trapez Şasi

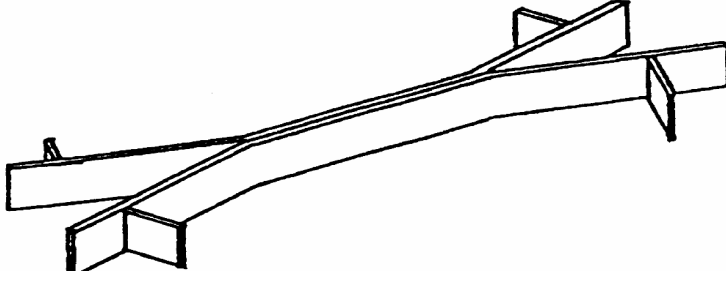
Yapı itibarı ile dikdörtgen şasi özelliklerine benzemekle birlikte, geometrik şekli trapez formunda olduğu için adına trapez şasi denmiştir. Uygulama alanı olarak; hemen hemen dikdörtgen şasi ile aynıdır. (Şekil. 2.21)



Şekil 2.21 Trapez Şasi

2.2.5.3 X Şasi

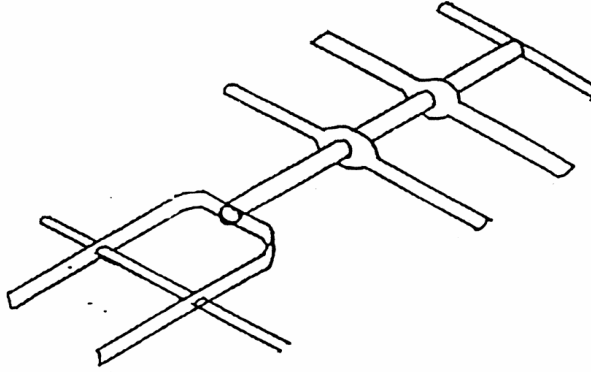
Boyuna ve enine traversleri açık ve kaynak profilli kesitten yapılırlar. Oldukça hafif yapıdadırlar. Genellikle pikap veya otomobil gibi küçük taşıtlarda uygulamalar görülür. Şekil. 2.22.



Şekil. 2.22 X şasi

2.2.5.4 Çatal Şasi

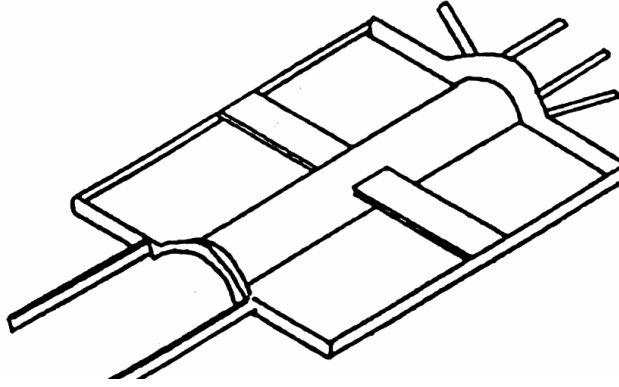
Çatal şasiler; kapalı profil kesitli olarak yapılırlar. Kutu ve dairesel şekilli kullanımlar yaygındır. Orta bölümünde şasi boyunca bir kiriş bulunur. Ve bu boyuna kiriş üzerine monte edilmiş diğer kirişlerden oluşur. Hafif bir şasidir. Binek otoları için uyumlu bir şasidir. (Şekil.2.23.)



Şekil 2.23 Çatal şasi

2.2.5.5 Platform Şasi

Platform şaside; enine ve boyuna kirişler zemin saçı ile birleştirilip kaynaklanmışır. Ortadaki boyuna kiriş kardan mili tüneli olarak da kullanılır. Karoserinin kaynakla veya cıvata ile şasiye bağlanması ile, iyi bir şekil mukavemeti elde edilir. Hafif bir şasidir. Binek otolarda kullanımı yaygındır. (Şekil. 2.24)

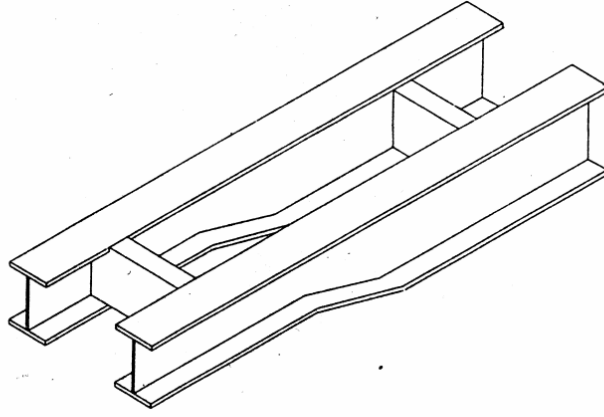


Şekil 2.24 Platform şasi

2.2.5.6 Ana Kiriş Şasi

Ana şasi I kros tipi olup, genellikle yarı römork uygulamalarında kullanılır. Bu tip şasilerde yüksek mukavemet değerleri gerekir. Bu nedenle; bu yükleri kaldıracak özellikte profil ebadını çekmek için çok büyük makinelere ihtiyaç olması ve ayrıca da çok seri kullanılmaması sebebiyle, bu şasi krosları genellikle özel imalat olarak yapılırlar.

Üst ve alt parçalar, düz ve kalın lamalardan meydana gelir. Krosun yüksekliği ise; atalet momentini yüksek tutmak için ince ancak ebadı yüksek tutulmuş saçtan kesilerek tozaltı veya gazaltı kaynak makinesinde kaynak yapılarak birleştirilir. Burada uygulanacak kaynak tekniği çok önemlidir. İnce kiriş saçların birbirine bağlantısında 2mm. kaynak boşluğu bırakılarak, kaynağın bu bölgeye iyice nüfuz etmesi sağlanır. Bu konu 2. bölümde detaylı olarak anlatılacaktır. Bu tip şasilerde çekicinin bağlanacağı king pin bölgesi, çekici 5. teker yüksekliği her zaman süspansiyon bölgesi yüksekliğinden fazla olacağından ,bu bölgede bir kademe yapılarak inceltir. (Şekil. 2.25)



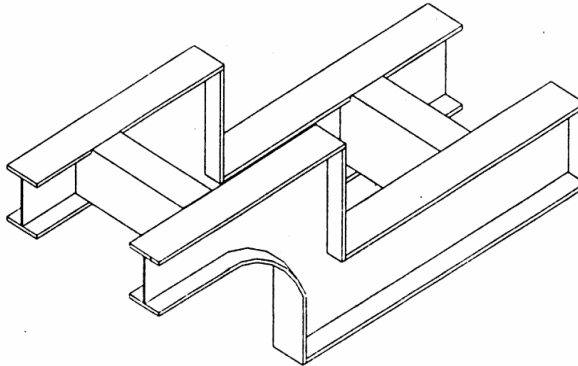
Şekil 2.25 Ana kiriş şasi

2.2.5.7 Kademeli Şasi

Genellikle küçük ebatlı lastik ve aksların altına yerleştirilen bu şasi, treylerin iç hacmini arttırmak amacıyla kullanılır. Ana kiriş şaside olduğu gibi burada kullanılan kros tipi I tipidir. İstenirse C tipi krosda kullanılabilir.

Burada en önemli özellik kuğu boynu denilen, ön ve arka grup şasilerin birleştiği bölgedeki gerilmeyi karşılayacak mukavemette bir bölgenin oluşturulmasıdır. Bu çalışmada incelenen lowbed şasisi; ana kiriş şasi ve kademeli şasi parçalarından oluşturulmuştur.

(Şekil. 2.26.)



Şekil 2.26 Kademeli tip şasi

2.2.6 Şasi Malzemesi

Genellikle şasi malzemesi olarak; I krosun üzerinde yüksek mukavemetli hazır çekilmiş lama yada sac kullanılır. Burada kullanılan malzeme St 37.2 dir. I krosun düşey kısmında şasi malzemesi olarak yine St 37.2 kullanılır. Bu malzemenin kalınlığı 4-6 mm. arasında değişir. Farklı tiplerdeki şasi malzemelerinin yapısal özellikleri şöyledir.

St 52 malzemesinin yapısal özellikleri şöyledir:

Karbon miktarı	%0,25 - %0,34	
Mangan miktarı	%0,6 - %0,9	
Silisyum miktarı	%0,1 - %0,3	
Çekme Mukavemeti	490 – 630 N/mm ²	
Akma Sınırı	t<16 mm. malzemede	355 N/mm ²
	16<t<40 mm malzemede	345 N/mm ²
	40<t<80 mm malzemede	330 N/mm ²
Kopma uzaması	%0,22	

St 52 malzemesi kaynaklı birleştirmeler için uygun bir malzemedir. St 52 malzemesi, pres altında şekillendirmeye uygundur.

Tente iskeleti şasinin üst grubunda bulunur. Tente iskeletinde kullanılan malzemeler genellikle St 42.2 veya St 37.2 dir. Bu malzeme ise, St 52 malzemesine göre daha kolay şekillendirilebilen, kaynak kabiliyeti daha yüksek olan, çatlama ve kırılmaya karşı daha dayanıklı bir malzemedir. Kalınlığı 2.5 ile 6 mm arasında değişir.

St 42.2 malzemede

Karbon miktarı	%0,13 - %0,16	
Mangan miktarı	%0,3 - %0,6	
Silisyum miktarı	%0,1 - %0,3	
Çekme Mukavemeti	410 – 560 N/mm ²	
Akma Sınırı	t<16 mm. malzemede	275 N/mm ²

	16<t<40 mm malzemede	265 N/mm ²
	40<t<80 mm malzemede	250 N/mm ²
Kopma uzaması	% 22	

St 37.2 malzemede

Çekme Mukavemeti	340 – 370 N/mm ²	
Akma Sınırı	t<16 mm. malzemede	235 N/mm ²
	16<t<40 mm malzemede	225 N/mm ²
	40<t<80 mm malzemede	215 N/mm ²
Kopma uzaması	% 26	

St 37.2 iyi işlenebilen ve kaynak edilebilme kabiliyeti çok yüksek olan bir malzemedir.

Şasi yapımında kullanılacak olan malzemeler genel olarak istenilen ölçülere yakın ebatlarda dilimlenmiş veya levha olarak alınır.

Şasi yapımında kullanılacak malzemelerin tamamı pastan arındırılmak için, öncelikle kumlama işlemine tabii tutulur. Sonra ise yüzeylerindeki yağdan arındırılmak için, yağ daldırma banyolarından geçirilen malzemelere paslanmamaları içinse, katoferez kaplama yapılır. Bütün bu yüzey temizleme işlemlerinden sonra ise; astar boya ile boyanırlar. Son olarak da istenilen renkte kalıcı fırın kurutmalı boya ile boyanırlar.

Şasi yapımında ayrıca hafif metalde kullanılabilir. Hafif metal sönüm kabiliyeti, şekil verme kolaylığı ve ayrıca korozyona karşı dayanıklılığıyla tercih edilen malzeme tipidir. Karoseri içinde metal olmayan suni malzemelerin kullanımı da mevcuttur. Plastik türü veya elyaflı polyester gibi malzemeler taşıtın daha çok iç kısımlarında kullanılırlar.

Çeliğin özgül ağırlığı	7.8 gr/cm ³
Hafif metalin özgül ağırlığı	2.65 – 2.8 gr/cm ³

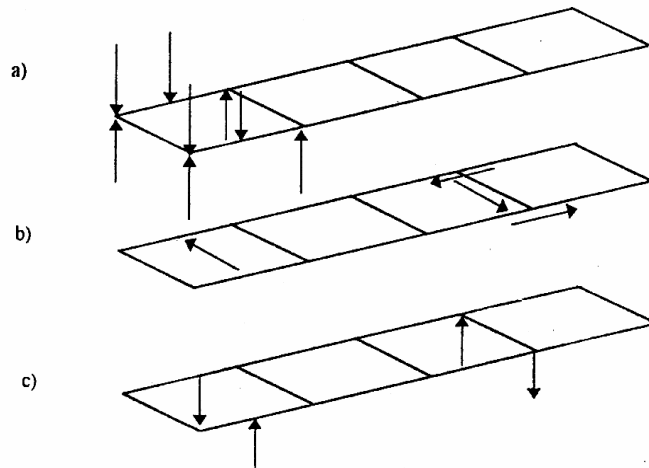
Görüldüğü üzere; hafif metalin özgül ağırlığı çeliğe nazaran daha düşüktür. Ancak mukavemeti sağlayacak et kalınlığı çelikte 1mm iken, hafif metalde 1.4 mm, elyafli polyesterde ise 1.6 mm ' ye yükselmektedir. Bu malzemelerin seçimleri maliyet ve mukavemet hesapları yapıp kıyaslandıktan sonra yapılır.

2.2.7 Şasiye Etki Eden Kuvvetler

Şasiye etki eden yükler, araç tiplerine göre değişir. Ancak genel anlamda şasiler iki tip yüklemeye maruz kalırlar. Statik yükler ve dinamik yükler.

Özellikle süspansiyon sistemlerinin yer aldığı noktalarda, bozuk yol koşulları ve kötü operasyonlar sonucu sınır şartlarını zorlayan deplasmanları oluşturan yüklerin saptanması, modern şasi dizaynının vazgeçilmez bir evresidir.

Yük taşıtlarına ait şasiler, merdiven tip yapıya sahiptirler. Bu nedenle motor ve aktarma organları, kasa ve kabinin montajı gayet kolay olmaktadır. Kamyon şasileriyle yarı römork şasileri birbirlerinden farklıdır. Yarı römork şasilerinde çok sayıda hafif enine kiriş yer almaktadır. Yarı römorklarda ağır boyuna kirişler, arka aks üzerinde ve römorkun bağlandığı pilot bölgesine sıkıca tutturulmuştur. Ve yarı römork şasisinin yapımında; I kesitli profiller kullanılır. Şekil 2.27 genel anlamda şasiye etkileyen en önemli yüklerin sembolik olarak çizimidir. [8]



Şekil 2.27 Şasiye etkileyen ana yükler [8]

Taşıta etkiyen kuvvetlerin büyüklüğü önemlidir. Ancak bu yüklerin tekrarı da en az o kadar önemlidir. Çünkü kuvvetlerin periyodunu değiştirerek ve değişim sayısını arttırarak, şasi malzemesi statik olarak hesaplanan sınırların çok daha altındaki kuvvet ve gerilim değerleri ile hasar görebilir. Statik kuvvetler, sabit kuvvetlerle aracın ömrü boyunca en fazla 5×10^3 defa tekrarlanan kuvvetlerdir. Statik kuvvetleri kendi arasında genel olarak şöyle sıralandırabiliriz.

Taşıtın kendi öz ağırlığı ve taşıdığı yükü

Fren ve kalkış kuvvetleri

Viraj kuvvetleri

Burulma kuvvetleri

Çekici ile römork arası bindirme kuvvetleri

Tekrarlı dinamik kuvvetler ise; yol pürüzlüğü, lastik çevresinin düzgünlüğü gibi sebeplerden dolayı ortaya çıkarlar. Bu kuvvetler aracın ömrü boyunca $2 - 5 \times 10^6$ dan başlayan sayılarda tekrarlanan kuvvetlerdir.

Bütün bu kuvvetler taşıt gövdesini ve şasini dört ana şekilde zorlarlar.

Boyuna düşey eğilmeye zorlanma

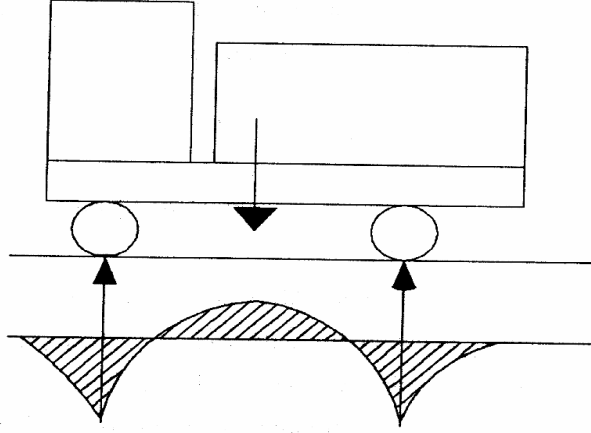
Enine düşey eğilmeye zorlanma

Yatay eğilmeye zorlanma

Burulmaya zorlanma

2.2.7.1 Boyuna Düşey Eğilmeye Zorlayan Yükler

Taşıtlar kendi ağırlıkları ve taşıdıkları yükler, yokuşta hareket halindeyken eğimden dolayı oluşan yük transferi, Kalkış ve fren sırasında doğan kuvvetler ve de ayrıca münferit bir takım yükler nedeniyle; boyuna düşey eğilmeye zorlanır. Bu durumda şasiyi basit bir kiriş konumunda kabul edersek; kirişin üzerine boyuna konumda yerleştirilen münferit kuvvetlerin ve yayılı yüklerin uygulanması ile mukavemet hesapları yapılabilir. (Şekil. 2.28)

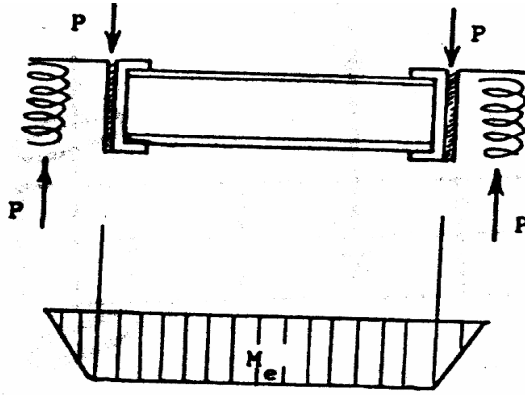


Şekil 2.28 Boyuna düşey eğilme

2.2.7.2 Enine Düşey Eğilmeye Zorlayan Yükler

Bu tip zorlanmada ise; enine kiriş olarak ifade edilen traverslerin eğilmesi söz konusudur. Traversler iki boyuna kirişi birbirine bağlarlar. Taşıt üzerindeki yayılı yükler traversleri kendi eksenleri boyunca eğmeye çalışırlar.

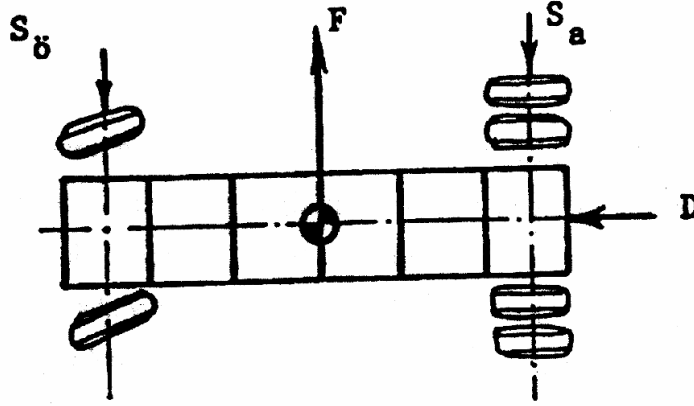
Eğer enine düşey eğilmeye sebep olan kuvvetler; traversler üzerine rastlıyorsa eğilme mukavemeti hesabı da kolay olacaktır. Eğer örneğin; dingil bağlantı noktaları travers üzerine denk geldiyse, o zaman kirişlerde burulma gerilmeleri ortaya çıkacaktır. Ve bu durumda travers bağlantı bölgelerinde, yüksek çarpılma momenti ve gerilmesi oluşacaktır. Bu sebeple dingil bağlantı noktalarını, travers ile takviye etmek uygun olacaktır. (Şekil. 2.29)



Şekil 2.29 Enine düşey eğilme

2.2.7.3 Yatay Eğilmeye Zorlayan Yükler

Taşıtlarda yatay eğilmeye zorlama iki şekilde oluşur. İlk olarak taşıtlar viraj sırasında oluşan merkezkaç kuvvetlerin etkisi ile, boyuna yatay eğilmeye maruz kalırlar. Viraj kuvveti taşıtın viraj dışına kayma sınırına geldiğinde en büyük değere ulaşır. Ve elverişsiz durumda çekici ile römork arasındaki bindirme kuvvetlerinin etkisi ile, en arkadaki transversin eğilmeye zorlanmasıdır. (Şekil. 2.30)

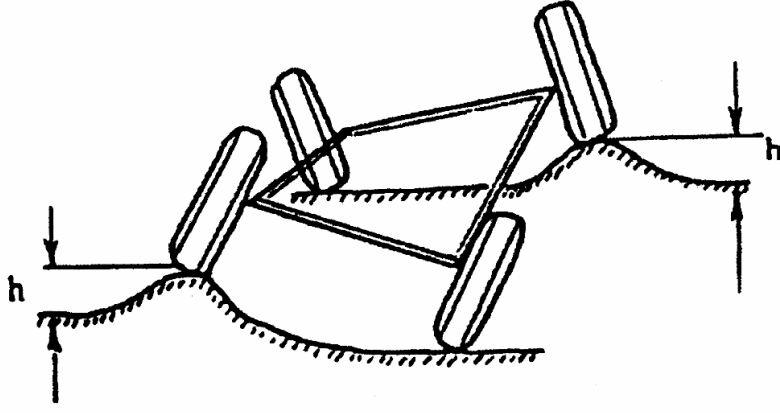


Şekil 2.30 Yatay Eğilme

2.2.7.4 Burulmaya Zorlayan Yükler

Burulma zorlanması, şasinin bükülmesi ile ortaya çıkan bir zorlanma şeklidir. Sebebi; tekerleklerden birinin veya çapraz konumda iken ikisinin bir engebeye çıkmasıdır.

Engelibeli bir arazide, yol ve tekerlekler arasında oluşan asimetric kuvvetler, makas yatakların yayları vasıtasıyla şasiye iletilir. Komple burulmaya ek olarak; lokal burulma enine ve boyuna kirişlerin bağlı olduğu düğüm noktaları haricinde bir yerde, boyuna kirişin, kayma eksenine dışında bir yere etkiyen yük dolayısıyla oluşur. Ayrıca lokal burulma yakıt tankı, akü gibi boyuna kirişlerin gövdesine bağlanmış elemanlar tarafından da çokça oluşturulur. [8] Şekil.2.31



Şekil 2.31 Burulma zorlanması

Sonuç olarak; yarı römorkların yapımında I kesitli ve yine bu I kesitin içinden daha küçük ebatlı I kesitli malzemelerin geçirildiği şasi tipleri kullanılır. Yarı römork şasisine üstten bakıldığında, ucuz ve kolay imal edilebilir olması sebebiyle, enine kirişlerin arasından boyuna kirişlerin geçirildiği görülmektedir. Bu çalışmada, şasiye etkiyen yüklerin şasinin kaynaklı bağlantılarında oluşturduğu gerilmeler incelenecektir.

3. KAYNAK

Kaynak; yarı römork şasilerinde birleştirme işlemi olarak kullanılır. Yarı römork şasilerinin yapımında; tozaltı kaynağı veya gazaltı kaynağı kullanılmaktadır.

Kaynak yapılan çelik parçalar, ergime sıcaklığına kadar ısıtılırlar. Isınan parçanın soğuma süresi, ısınma süresine nazaran daha yavaş gerçekleşmektedir. Kaynak yapılan parçalarda soğuma sırasında oluşan lokal büzölmeler, artık gerilmelere ve distorsiyon dediğimiz yapısal bozukluklara yol açarlar.

Kaynaklı yapıda oluşan artık gerilmeler, malzemenin gevrek kırılmasına sebep olurlar. Ve bu durumda kaynaklı yapıdaki malzemenin direncinin düşmesine neden olur.

Artık gerilmelerin hesaplanmasında; analitik ve deneysel metodlar eski yıllardan beri kullanılmaktadır. Ancak son yıllarda teknolojinin gelişmesi, paralelinde, bilgisayar teknolojilerini ve programlarının gelişimini getirmiştir. Sonlu Elemanlar Metodunu esas alan ANSYS programı son yıllarda mühendislik problemlerinin pek çoğunda kullanıldığı gibi kaynaklı yapıların analizlerinde de kullanılmaktadır. Ve bu bölümde genel anlamda kaynak işlemi, metalde oluşan kaynak bölgeleri ve artık gerilmeler hakkında bilgi verilecektir.

3.1 Kaynak İşlemi

Kaynak ile birleştirme işlemi için birbirine eşdeğer iki tanım yapılabilir. Makroskobik anlamda kaynak, iki veya daha fazla parçayı aralarında malzeme sürekliliği sağlayarak birleştirmektir. Süreklilik, kaynak bölgesi malzemesiyle iş parçalarının aynı malzeme özelliklerine olmasıdır. Mikroskobik anlamda kaynak etmek, birleştirilecek parçaların birleştirilme yüzeylerindeki atomlarının karşılıklı çekme bölgelerine getirilmesidir. [9]

Genel olarak kaynak; çoğu kez metal olan iki malzemenin, sıcaklık, basınç ve metalurjik koşulların uygun bir bileşimi sayesinde kalıcı şekilde birleştirilmesidir. Genel olarak bu değişkenler basınç olmadan sadece yüksek sıcaklık, sıcaklık olmadan sadece basınç arasında değerler alabilirler. [10]

Bu çalışmada, elektrik ark kaynağı yöntemlerinden olan gaz altı kaynağı kullanılmıştır. Bu nedenle çalışmada sadece bu kaynak yöntemine değinilmiştir.

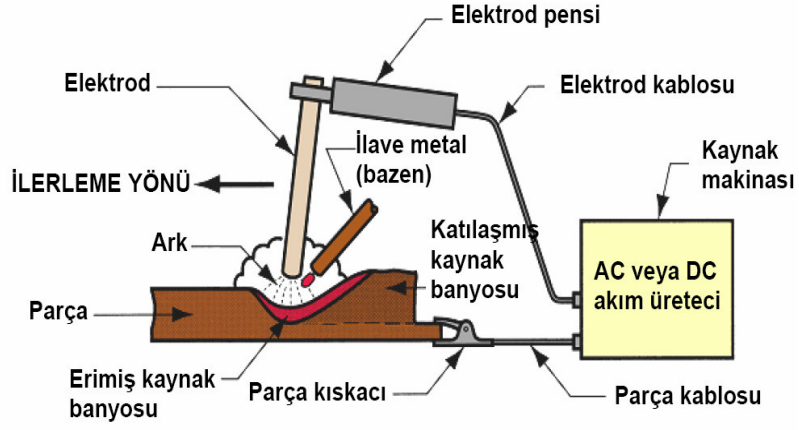
3.1.1 Elektrik Ark Kaynağı

Kaynaklı bağlantı için gerekli ısının elektrotlar arasında oluşturulduğu ve ark aracılığıyla sağlandığı ergitme kaynağı türüne elektrik ark kaynağı adı verilir. [11]

3.1.1.1 Kaynak Arkı ve Arkın Elektriksek Karakteristikleri

Ark kızgın bir katottan yayına elektronların, yüksek bir hızla anodu bombardıman etmesi sonucunda oluşur. Bu bombardıman, çarpma sonunda nötr moleküllerin iyonize olmasına neden olduğundan, kuvvetli bir sıcaklık yükselmesi meydana getirir. Ortaya çıkan toplam enerjinin %85 i ısı ve %15 ide ışık enerjisine dönüşmektedir. Bir ark kaynağında gerilim ile arkın akım şiddeti ohm kanununa göre değişmez ve akım şiddeti arttıkça; uçlar arasındaki gerilim önce hızlı, sonra yavaş bir şekilde düşer. Akım şiddeti ile gerilim arasındaki değişim arkın statik karakteristiği olarak adlandırılır.[11] (Şekil. 3.1.)

Bir elektrik arkında artı kutba anot eksi kutba katot adı verilir. Anot ile katot arasına uygulanan gerilim sonucu ortaya çıkan elektrik alanı tesiri ile elektronlar (-) kutuptan (+) kutba doğru, iyonlar (+) kutuptan (-) kutba doğru hareket ederler. [10]



Şekil 3.1 Ark kaynağının genel şeması [10]

3.1.1.2 Gazaltı Ark Kaynağı

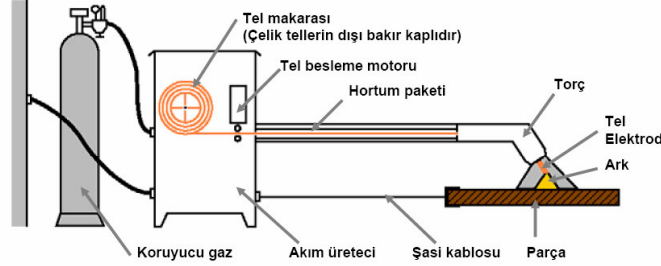
Kaynak yapılacak bölgenin bir gaz ortamı ile korunduğu, ark kaynağı türü; gazaltı ark kaynağı olarak adlandırılır. Koruyucu gaz olarak, helyum ve argon gibi soy gazların yanında , karbondioksit gibi aktif gazların kullanımı da mevcuttur.

Gaz altı ark kaynağında arkın oluşması için kullanılan elektrot malzemesi ve koruyucu gazın cinsine göre aşağıdaki gibi sınıflandırma yapılabilir.

- a) Ergimeyen elektrotla yapılan gazaltı kaynağı
 - Ergimeyen iki elektrotla yapılan gazaltı kaynağı (Ark atom kaynağı)
 - Ergimeyen bir elektrotla yapılan gazaltı kaynağı (TIG)
- b) Ergiyen elektrotla yapılan gazaltı kaynağı
 - Çıplak elektrotla soygaz atmosferi altında yapılan gazaltı kaynağı (MIG)
 - Ergiyen metal elektrotla karbondioksit altında gazaltı kaynağı (MAG) [11]

Şekil. 3.2. de en yaygın kullanılan ve bu çalışmada kullanılan MIG - MAG kaynağının donanımı görülmektedir.

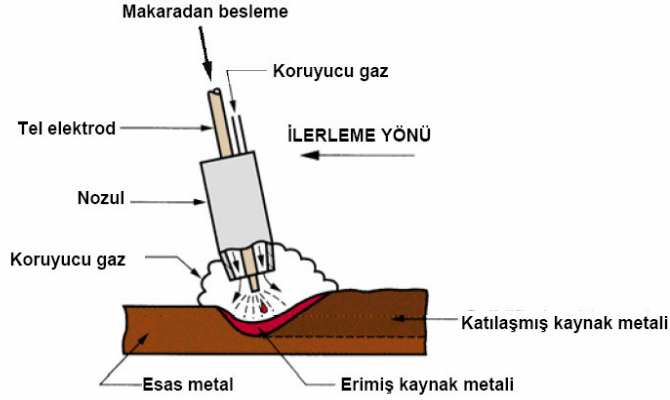
MIG/MAG Kaynak Donanımı



Şekil 3.2 MIG/MAG kaynak donanımı [10]

Ergiyen elektrot ile gaz altı kaynağı çok geniş bir uygulama alanına sahiptir. Çok ince levhalar hariç, her kalınlıktaki demir esaslı ve demir dışı metal ve alaşımlarının kaynağında uygulanabilmektedir. Yatay karakteristikli, diğer bir deyimle sabit gerilimli kaynak makinelerinin gelişmesi sonucu; ince çaplı kaynak teli ile yüksek akım şiddeti uygulama olanağı ısıdan etkilenen bölgesi daha dar ve daha derin nüfuziyetli kaynak bağlantılarının elde edilmesine olanak sağlamıştır. [12]

MIG Kaynağında koruyucu gaz olarak genellikle; soygaz olan argon, helyum veya her ikisinde, MAG kaynağında ise koruyucu gaz olarak; karbondioksit kullanılmaktadır. Her ikisinde de ergiyen elektrodla kaynak işlemi yapılmaktadır. MIG kaynağı bazı kurallara uyulması şartı ile; hemen hemen bütün malzemelerin kaynak edilmesi işleminde kullanılabilir. Özellikle paslanmaz çeliklerin MIG yöntemi ile kaynaklanmasında büyük üstünlükler sağlanır. MAG kaynağı ise alüminyum ve alaşımları gibi kolay oksitlenen malzemelerin kaynağında kullanılmaz. Bu yöntem daha çok çelik malzemelerin kaynağında kullanılmaktadır. Şekil. 3.3' de MIG/MAG kaynağının şematik resmi gösterilmektedir.



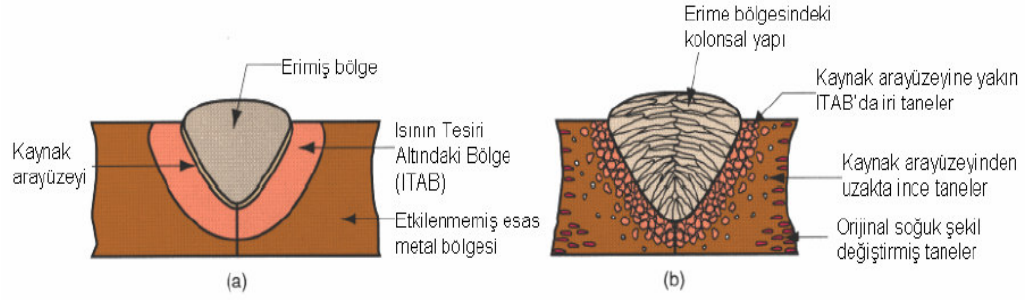
Şekil 3.3 MIG / MAG kaynağının şematik gösterilişi [10]

3.2 Çeliklerin Isıl Özellikleri ve Kaynak Bölgesi

Kaynak işlemi sırasında birleştirilen metallerin maruz kaldıkları yüksek sıcaklık; kaynak bölgesinde kaynak bölgesine metalurjik dönüşümler ve farklı metalurjik bölgeler oluşturur.

Kaynak metali, diye kaynak esnasında ergimiş olan ana ve ilave metale denir. Isıdan etkilenmiş bölge ise kaynak ısısı yüzünden metalurjik olarak değişime uğramış ana metal kısmıdır ve birbirinden üç ayrı bölgeden meydana gelir.

- 1- Ana metalin kritik sıcaklığın çok üstünde ısıtıldığı ve tanelerin irileştiği kaynak dikişine yakın bölge.
- 2- Ana metalin kritik sıcaklığın hemen üzerinde ısıtıldığı ve tanelerin incelmeye için yeterli çabuklukta soğutulduğu ince tanecikli bölge.
- 3- Etkilenmemiş metale geçiş bölgesi. Burada sıcaklık kritik değere erişmemiştir. [13] Şekil. 3.4. de kaynak bölgeleri gösterilmektedir.

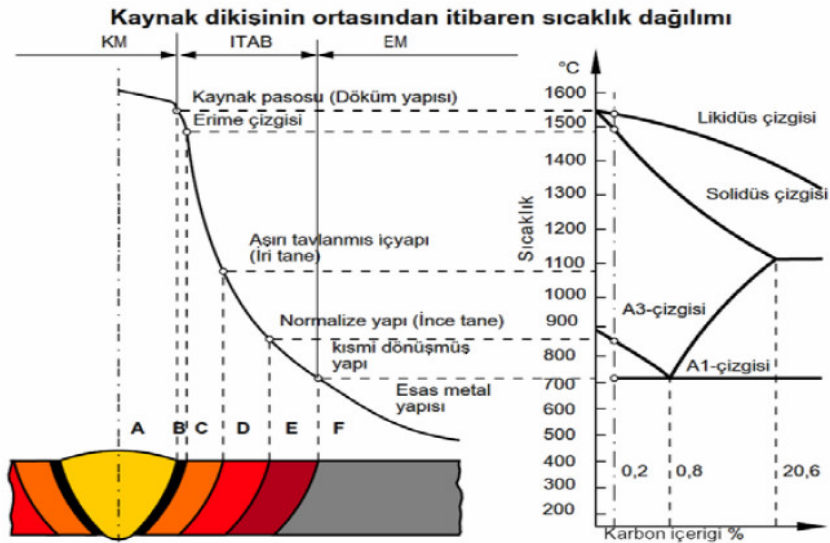


Şekil 3.4 Kaynak bölgeleri [10]

Kaynak bölgelerinde malzemenin sıcaklık dağılımı ve değişimi nedeniyle mekanik özellikleri de değişir. Bu bölgedeki sıcaklık dağılımı ve değişimi önceden bilinirse, malzemedeki mekanik özelliklerin dönüşümü de önceden tahmin edilebilir.

Kaynak bölgesindeki sıcaklık dağılımının değişimi; malzemenin ısıl özelliklerine ve parça geometrisine bağlıdır. Kaynak sırasındaki sıcaklık değişimi, aynı zamanda malzemenin ısıl özelliklerinde de farklılıklar meydana getirir. Isıl özellikler sıcaklığın bir fonksiyonu olarak değişmektedir. Isı iletim katsayısı, özgül ısı, yoğunluk, ısı transferi katsayısı sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Şekil. 3.5. de kaynaklı malzemedeki sıcaklık dağılımı görülüyor.

ITAB – Isının Tesiri Altındaki Bölgenin Yapısı ve Özellikleri



Şekil 3.5 Isının tesiri altındaki bölgenin yapısı ve özellikleri [10]

3.2.1 Isı İletim Katsayısı

Malzemenin ısı iletim kabiliyetini gösteren fiziksel bir özelliğidir. Birim zamanda birim yüzeyden birim uzunlukta 1 °C sıcaklık düşümü halindeki ısı akımı miktarına eşittir. Her metal için farklıdır ve metalin yapısına ve sıcaklığına bağlıdır. Kaynak yapılan metalin sıcaklığı, ortam sıcaklığı ve ergime sıcaklığı arasında bir değişim gösterdiğinden, ısı iletim katsayısı da sıcaklığa bağlı bir değişim gösterir. Çeliklerdeki ısı iletim katsayısı; bileşimindeki karbon ve diğer alaşımların cinsine ve miktarına bağlı olarak değişir. Karbon miktarı arttıkça ısı iletim kabiliyeti azalmaktadır.

3.2.2 Özgül Isı

Birim kütledeki madde sıcaklığını 1°C değiştirebilmek için gerekli ısı enerjisine özgül ısı denir. Özgül ısı Quantum teorisine göre hesaplanabilmekte ve deneysel olarak da tespit edilmektedir.

3.2.3 Yoğunluk

Çeliklerin yoğunluğu, içerisindeki karbon miktarı, alaşım elementleri ve sıcaklığa bağlı olarak değişim gösterir.

3.2.4 Isı transferi Katsayısı

Isı transfer katsayısı ortamın fiziksel bir özelliğidir.

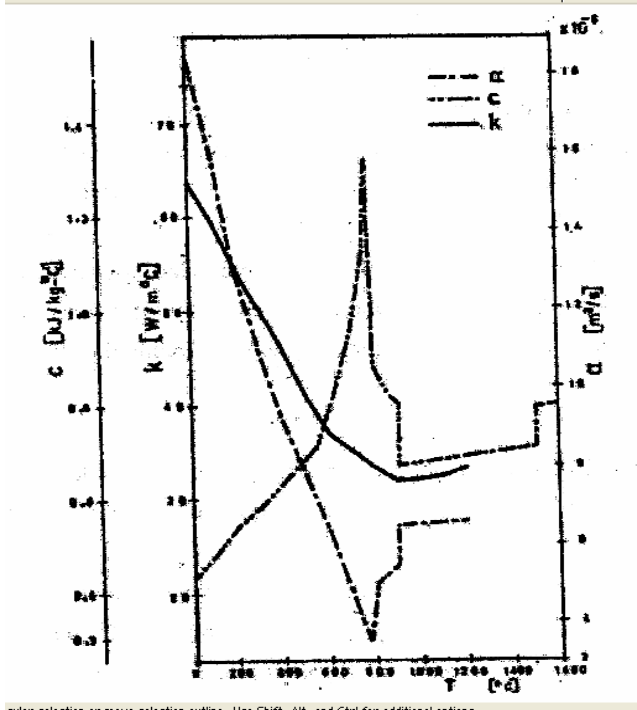
$$\alpha = k / \rho^c$$

k = özgül ısı

α = ısı transfer katsayısı

ρ = yoğunluk

Çelik malzemeye ait özgül ısı, ısı iletim katsayısı ve ısı transfer katsayısının sıcaklığa bağlı olarak değişimi Şekil. 3.6. da gösterilmiştir.



Şekil 3.6 Çelik malzemeye ait özgül ısı, ısı iletim katsayısı ve ısı transfer katsayısının sıcaklığa bağlı olarak değişimi

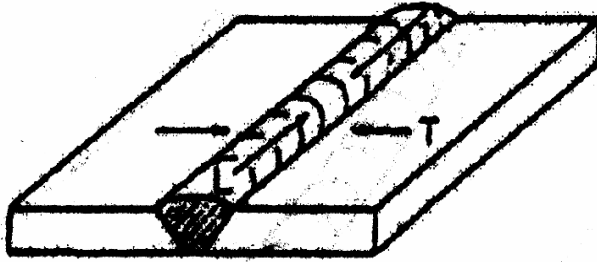
3.3 Kaynak İşleminde Oluşan Artık Gerilmeler ve Nedenleri

Bir kaynaklı parçada tüm dış yükler kaldırıldıktan sonra kalan gerilmelere, artık gerilmeler denir.

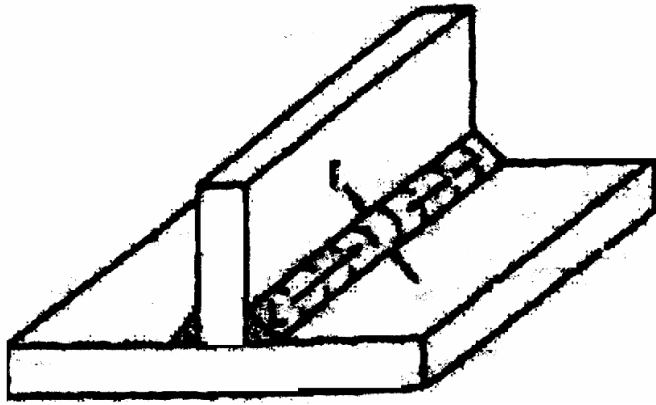
Bir kaynaklı parça, kaynak işlemi sırasında yerel olarak ergime sıcaklığına kadar ısınır, ancak soğutma parçanın genelinde ve ısıtma hızına göre daha yavaş gerçekleşir. Bu nedenle kaynaklı parçadaki soğuma sırasındaki sıcaklık dağılımı aynı değildir ve kaynak işlemi sırasında bağlantı boyunca yapısal ve metalurjik değişiklikler ortaya çıkar. Kaynak banyosu katılaşmaya ve büzülmeğe başladığında, kendisini çevreleyen esas metal ve ısının tesiri altındaki bölgeye gerilme uygulanır. Ortam sıcaklığına ulaşana kadar kaynak bölgesinin uyguladığı gerilmeler artar ve giderek esas metalin ve ısının tesiri altındaki bölgenin akma dayanımına ulaşır. [14]

Kaynak işlemi esnasında, yeni katılan bölgeler, kaynak dikişinin diğer bölgelerinin büzülmesine karşı koyarlar. İlk kaynak yapılan bölgeler kaynak dikişi

doğrultusunda çekiye zorlanırlar. Alın birleştirmelerde, kaynak ağız formundan yada mevcut pasoların sınırlayıcı etkisinden dolayı, kaynak bölgesinin enine hareketi yok denecek kadar azdır. Kaynak dikişinin büzülmesi neticesinde; enine artık gerilmeler meydana gelecektir. [15] (Şekil. 3.7.) İç köşe kaynaklarında ise büzülme neticesi ile meydana gelen gerilmeler kaynak yüzeyine dik ve paralel çeki gerilmeleridir. (Şekil. 3.8)



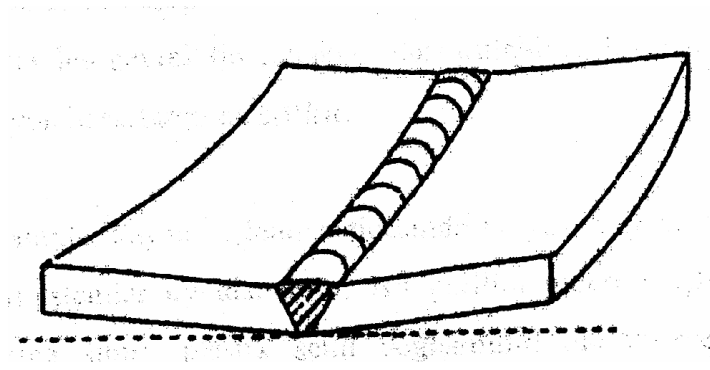
Şekil 3.7 Alın kaynağındaki büzülme gerilmeleri



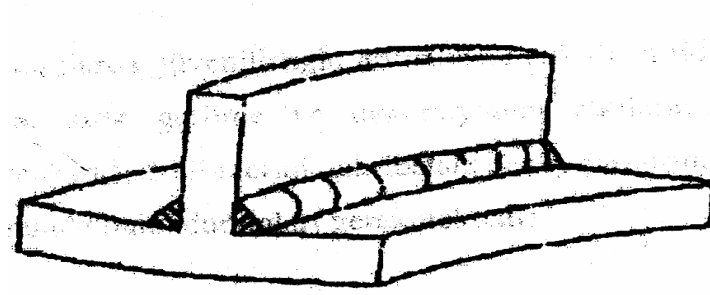
Şekil 3.8 T bağlantısındaki büzülme gerilmeleri

Kaynaklı parçalarda oluşan artık gerilmeler metalin yapısında ya yapısal bozukluk olan distorsiyona , ya erken hasara yol açarlar, yada bunların her ikisine de sebep olmadan iç gerilme olarak kalabilirler. Veya kaynaklı parçanın yapısında hepsi aynı anda da oluşabilir. (Şekil. 3.8 , Şekil. 3.9)

Kaynak işlemi sonrasında ısınan kaynak bölgesi, düzensiz bir büzülme davranışı gösterir. Çünkü; kaynak bölgesindeki enine büzülme, bu kesitte eksantrik kuvvetler uygular.



Şekil 3.9 Alın kaynaklı birleştirmede distorsiyon



Şekil 3.10 T bağlantıdaki distorsiyon

Kaynaklı parçalar gerilmeler neticesinde, elastik olarak şekil değiştirirler. Ve parçada da gözle görülebilir oranda distorsiyonlar meydana gelir. Kaynaklı parçalarda meydana gelen distorsiyonlar ve artık gerilmeler malzemenin kırılma davranışını etkiler. Çok düşük bası burulması oluşabilir. Ayrıca yorulma ve korozyon hasarlarını da artırır. Artık gerilmeler yapısal uyumsuzluk ve ısı genleşmeler neticesinde oluşan gerilmeler olarak iki grupta toplanır.

Artık gerilmeler, ısı işlemlerle giderilebilir. Kaynaklı parçalarda güvenilirliğin artırılması çok önemlidir. Tasarım aşamasında da bu mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır.

4. SONLU ELEMANLAR YÖNTEMİ VE SAYISAL ANALİZLER

Mühendislerin karşılaştıkları karmaşık ve zor fiziksel problemlerin çözümünde kullandıkları yöntemler, genel olarak ikiye ayrılırlar.

Analitik çözüm yöntemleri

Sayısal çözüm yöntemleri

Mühendislikte karşılaşılan bir çok problemi, analitik yöntemler ile çözmek mümkün değildir. Analitik çözümler, sadece basitleştirilmiş bazı özel haller için elde edilebilir. Geometrisi, malzeme özellikleri ve sınır şartları karmaşık problemleri yaklaşık olarak çözebilmek amacıyla , kabul edilen sonuçlar veren sayısal yöntemler kullanılmalıdır. [18]

Taşıtların imal edilmeden önce modellenmesi ve üzerine etki eden yüklerin etkilerinin incelenmesi çok önemlidir. Oluşturulan tasarım, imal edilecek olan taşıt parçasının modeli olacaktır. ANSYS programı bu tasarımı bilgisayar ortamında oluşturup, üzerine etkileyen yüklerin analizinin yapılmasına ve animasyonla bu kuvvetlerin model üzerindeki sonuçlarının görüntülenmesine olanak sağlar.

Bu yöntemin güzelliği; modeli daha imal etmeden, bilgisayar ortamında her türlü hesap ve analizin model üzerinde uygulanmasına olanak vermesidir. Elbetteki oluşturulan son modelin imal edilip, sonra da kendine etki eden yükler altında gerekli deneylere tabii tutulması ile tasarım aşaması tamamlanacaktır.

Modelin mukavemet hesapları yapılırken, şayet analitik çözüm yöntemlerini kullanırsak; bir takım idealleştirmeler ve kabuller yapmak zorundadır. Bunun sebebi yüksek dereceden hiperstatik sistemlerin elle çözümünün mümkün olamamasıdır. Bu kabuller ve idealleştirmeler, sonuçlar gerçek davranıştan uzaklaştırmaktadır.

Ayrıca modele etki eden yükün bir kısmı model üzerinde gerinim etkisi oluşturacaktır. Yükün geri kalan kısmı ise modelde gerilme etkisi oluşturacaktır. Sonlu Elemanlar Yöntemi ile; modeldeki bu iki etkinin hesaplanması büyük ölçüde kolaylaşmaktadır. Ancak Sonlu Elemanlar Yöntemi ile çözüm yapılırken oluşturulan matrislerin boyutlarının büyüklüğü nedeniyle, hesaplarımızı sonlu elemanlar yöntemine dayalı bir bilgisayar programı kullanılmasını gerektirir.

Bu nedenlerden dolayı; ANSYS Programı kullanılmıştır. Ayrıca da herhangi bir kabul veya idealleştirme yapılmayacağından, sonuçların gerçeğe son derece yakın olmasını sağlayacaktır. [16]

Bilgisayarların gelişmesiyle ön plana çıkan ve diğer sayısal yöntemlerden avantajlı yanları olan sonlu elemanlar yönteminde karmaşık bir yapıya sahip, malzeme ve geometrik özellikleri farklı olan konstrüksiyonlar; çok kolaylıkla analiz edilebilirler. Köşeler delikler vb. gibi bölgeler, Sonlu elemanlar analizinde zorluk göstermez. Sonlu Elemanlar Yöntemine dayalı bir paket programı olan ANSYS 10 programıyla analiz edilen parçalardan elde edilen değerlerin yapısal açıdan optimum değerlere sahip olup olmadığı tespit edilir. Bilgisayar destekli tasarım ve analiz programları kullanarak; kısa sürede hassas, esnek ve karmaşık tasarımların yapılabildiği görülmüştür. [17]

Sonlu Elemanlar Yönteminin pek çok avantajı vardır. Bunların en belli başlılarını şöyle sıralandırabiliriz.

1. Bitişik elemandaki malzeme özellikleri aynı olmayabilir. Bu özellik birkaç malzemenin birleştirildiği cisimlerde uygulanabilmesine imkan vermektedir.
2. Düzgün olmayan sınırlara sahip şekiller, eğri kenarlı elemanlar kullanılarak analiz edilebilir.
3. Eleman boyutları, analizci tarafından değiştirilebilir. Böylece önemli değişiklikler beklenen bölgelerde daha küçük elemanlar kullanılarak, hassas işlemler yapılabilirken, aynı parçanın diğer bölgeleri büyük elemanlara bölünerek işlem hızı artırılabilir.

4. Süreksiz yüzey yüklemeleri gibi sınır durumları, yöntem için zorluk oluşturmaz. Karışık sınır durumları kolaylıkla ele alınabilir.

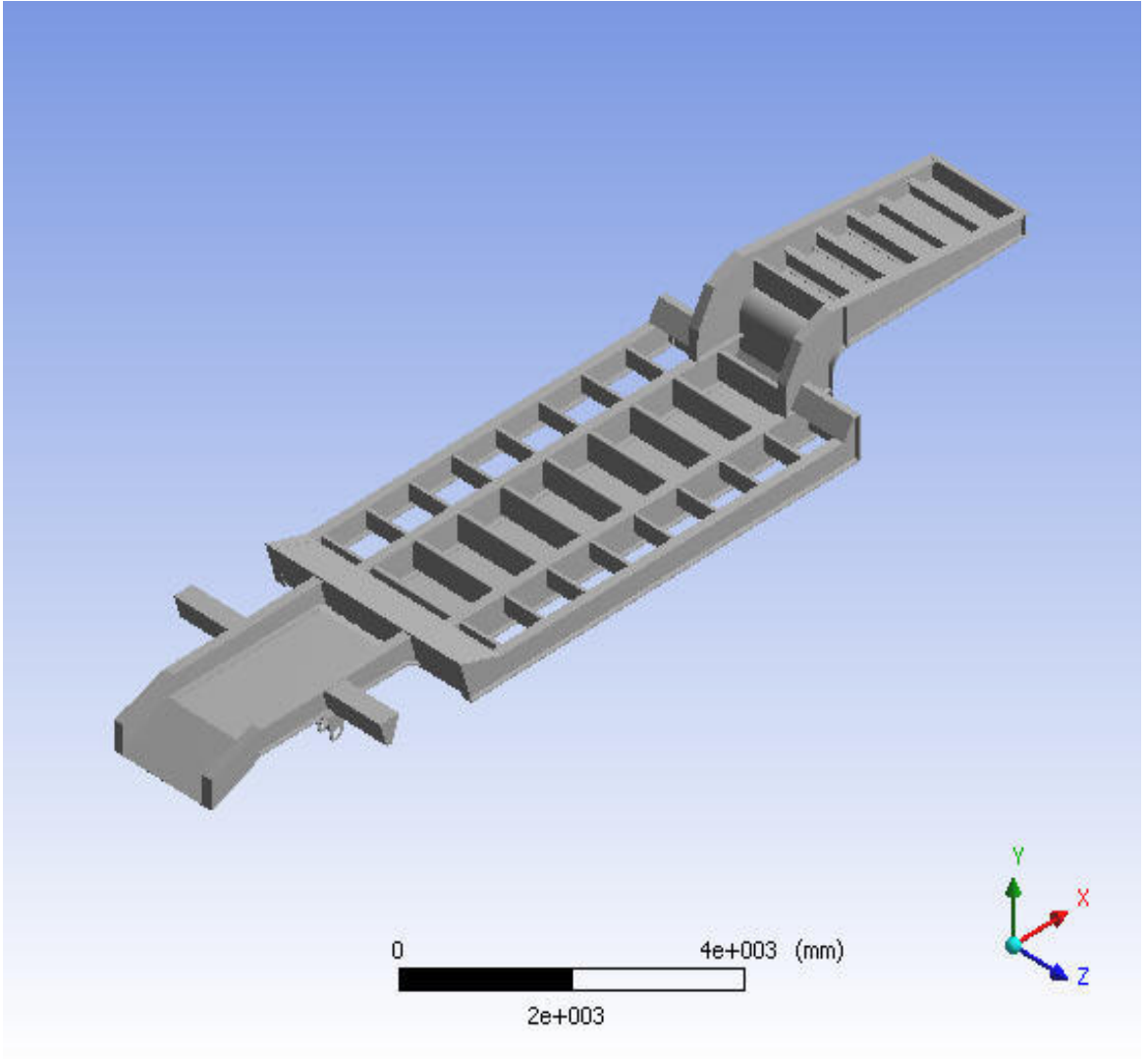
Sonlu Elemanlar Yönteminin en büyük dezavantajı; bilgisayara ve bilgisayar programlarına olan ihtiyacıdır. Çünkü çok küçük problemler için bile sayısal bir çok hesaplama gerekir. ANSYS programı; NASTRAN, İDEAS, ADAMS, LUCAS, FLOTRAN vs. gibi sonlu elemanlar yöntemine dayalı pek çok bilgisayar programından biridir. [14]

Bu çalışmada ASYS 10 Bilgisayar Programıyla; Lowbed şasinin kritik gerilme altında bulunan ön mesnet bölgesindeki deve boynu parçası, Isısal Yapısal Analiz Yöntemi ile incelenmektedir. Bu analiz yapılamadan önce lowbed şasini 3 boyutlu katı modellenli oluşturulacaktır. Katı modelin oluşturulmasında şasinin bütün boyutları ve malzeme özellikleri gerçeğine birebir eşdeğer olarak tanımlanmıştır.

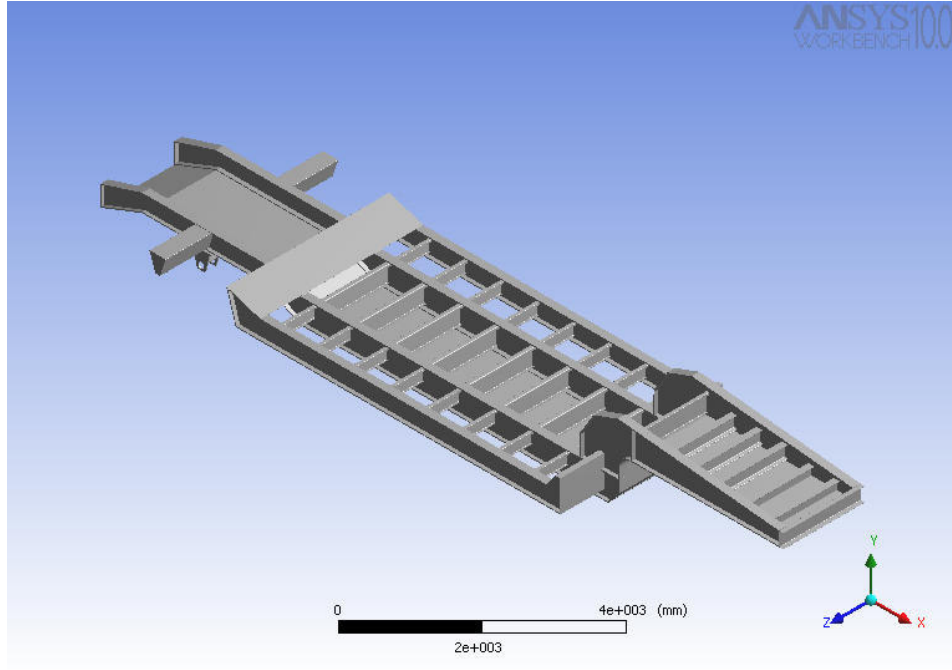
4.1 Sayısal Analiz

4.1.1 Katı Modelin Oluşturulması

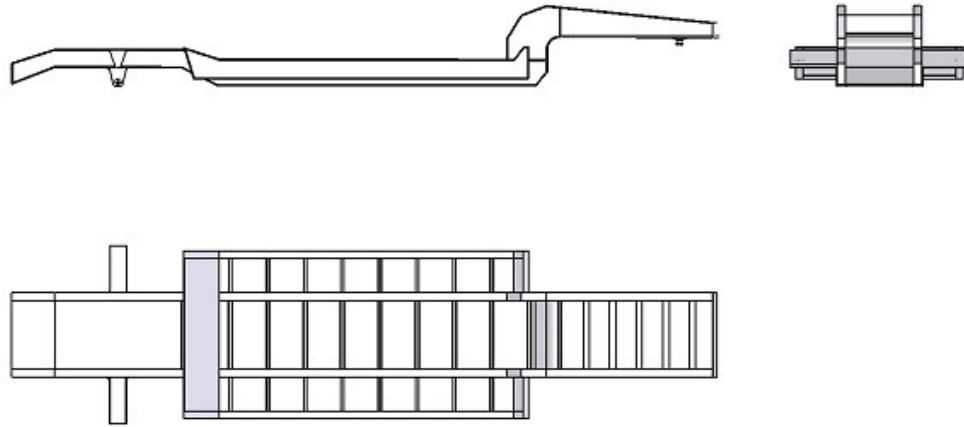
Kaynak bölgesindeki termal etkinin doğurduğu genişleme farklarından kaynaklanan artık gerilmelerin sistemin yapısal özelliklerindeki etkisini gözlemlemek amacıyla; “lowbed” olarak adlandırılan ve ağır tonajlı araçları ve iş makinelerini taşımakta kullanılan bir araç gerçeğe yakın yükler ve mesnet şartları altında analize tabi tutulmuştur. En yüksek gerilmelerinin olduğu kritik bölge tayin edilmiş ve bu bölge daha detaylı incelenmiştir. Bu inceleme, 3 boyutlu katı modelin oluşturularak Sonlu Elemanlar Tekniğiyle analiz edilmesi yoluyla gerçekleştirilmiştir. Bunun için sürekli üretilmekte olan bir lowbed modeli ele alınmıştır. Şekil 4.1. de, yapının 3 boyutlu katı model görülmektedir.



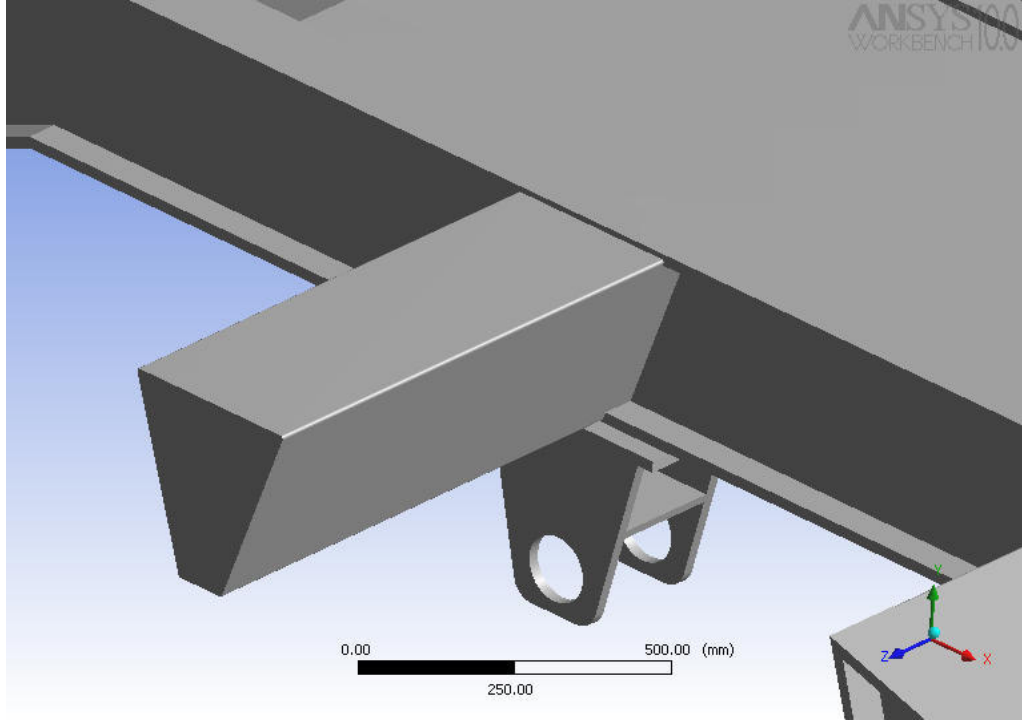
Şekil 4.1 Lowbed yarı römork şasisinin 3 boyutlu katı modeli



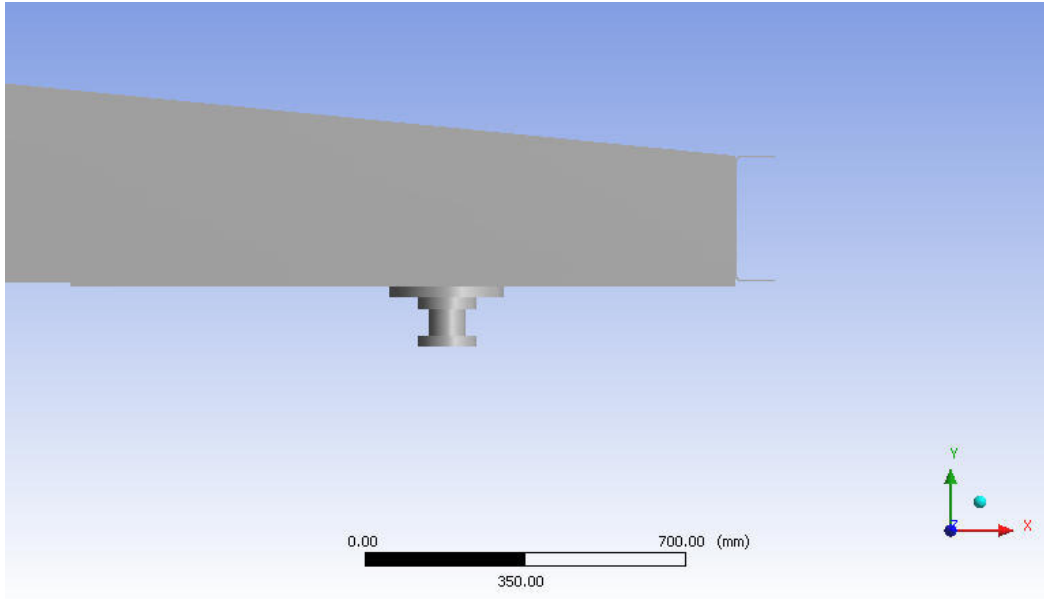
Şekil 4.2 Lowbed yarı römork şasisinin 3 boyutlu katı modeli farklı açıdan görünüşü



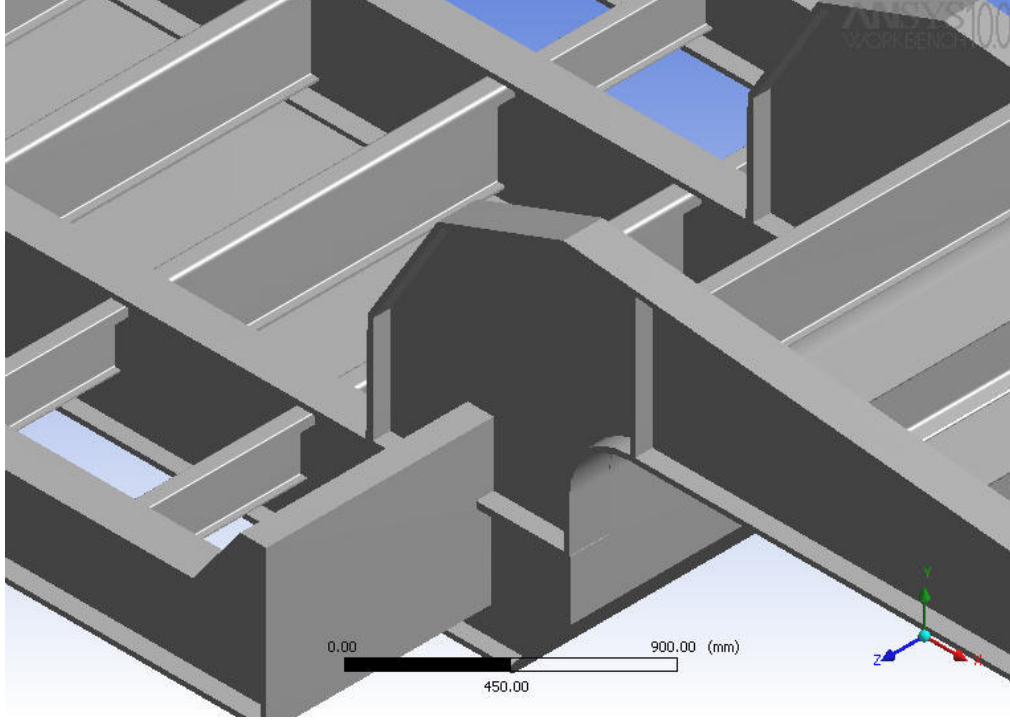
Şekil 4.3 Lowbed şasisinin teknik resmi



Şekil 4.4 Lowbed yarı römork şasisinin arka mesnet bölgesi



Şekil 4.5 Lowbed yarı römork şasisinin Ön mesnet bölgesi (King Pin)

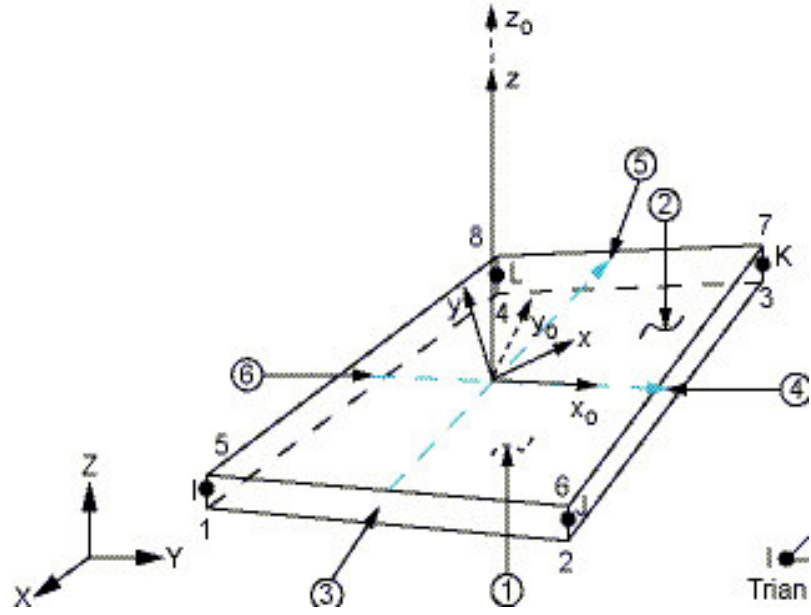


Şekil 4.6 Lowbed yarı römork şasisinin geçiş bölgesinin (deve boynu) görünüşü

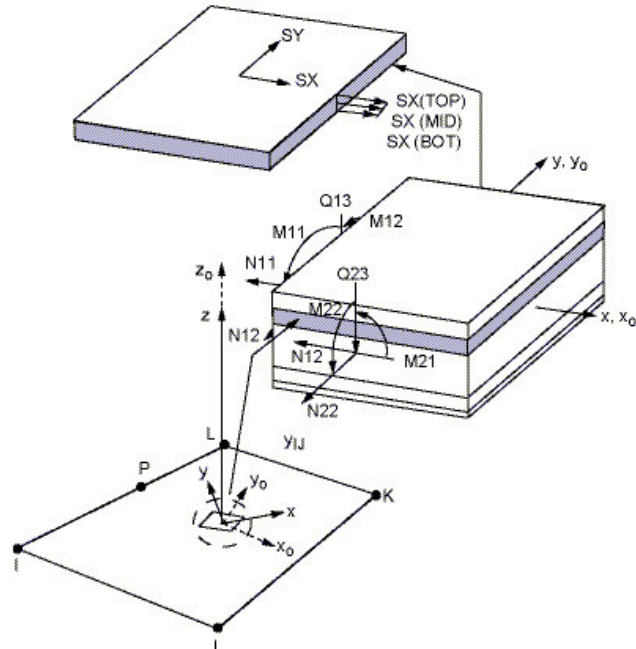
4.1.2 Sonlu Elemanlara Ayırma

İlk önce katı modeli oluşturulan yapı; daha sonra sonlu elemanlara ayrılarak, arka aks bağlantısı ve ön King Pin bağlantısından tutularak, boyun bölgesinden arka aks bölgesinin sınırını teşkil eden çıkıntıyı sınır kabul eden bölge üzerine 30 Ton düşey yük uygulanmıştır.

Yapının Sonlu Elemanlara Ayrılmış hali Şekil 4.9. de görülmektedir. Sonlu Eleman tipi olarak yapısal ve lineer sınırlar içindeki analizlerde tercih edilen Shell 181 eleman tipi seçilmiştir. Bu eleman tipi, kesitleri kalında olsa sac elemanlardan oluşan sisteme ait çözümlenmelerde uygun olmasından dolayı seçilmiştir. Şekil 4.7. de eleman tipine ait şematik gösterim, serbestlik yönleri görülmektedir. Ayrıca eleman tipinin matematik ve sonlu eleman algoritması şekil. 4.7 ve şekil. 4.8'de görülmektedir.

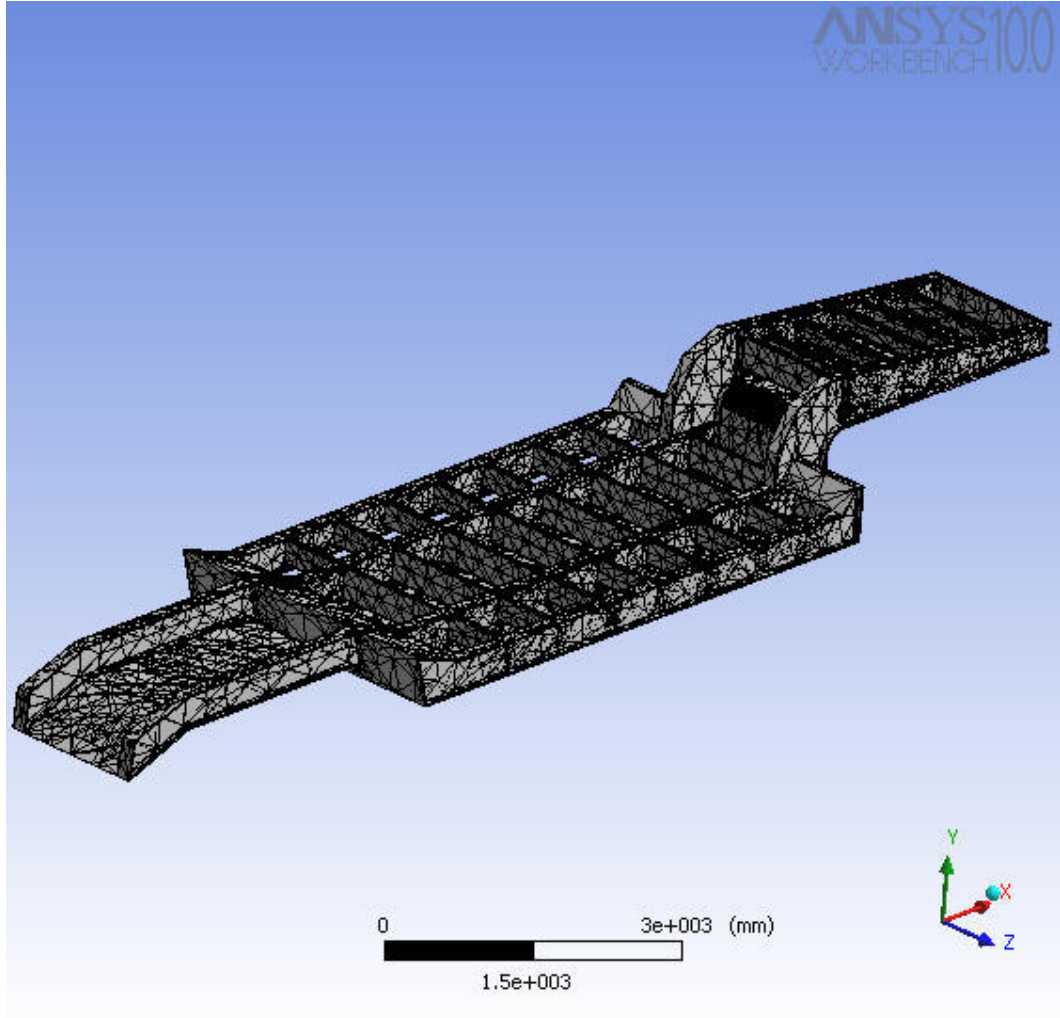


Şekil 4.7 Shell 188 eleman tipine ait şematik gösterim

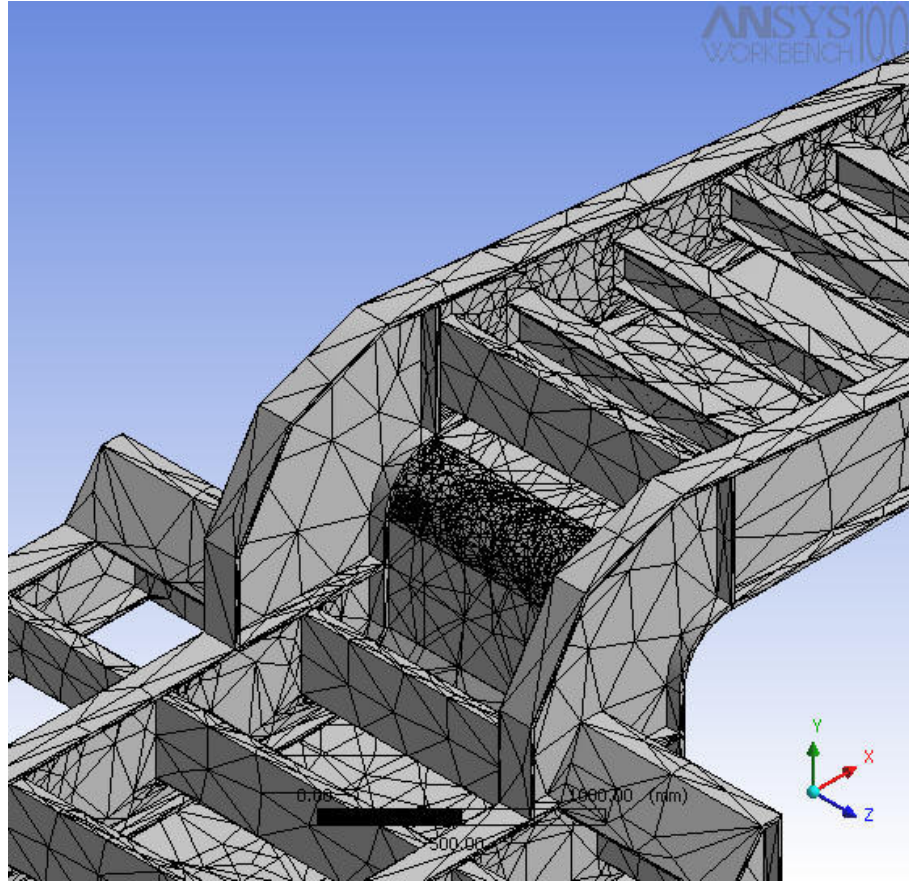


Şekil 4.8 Shell 188 eleman tipinin matematik ve sonlu eleman algoritması

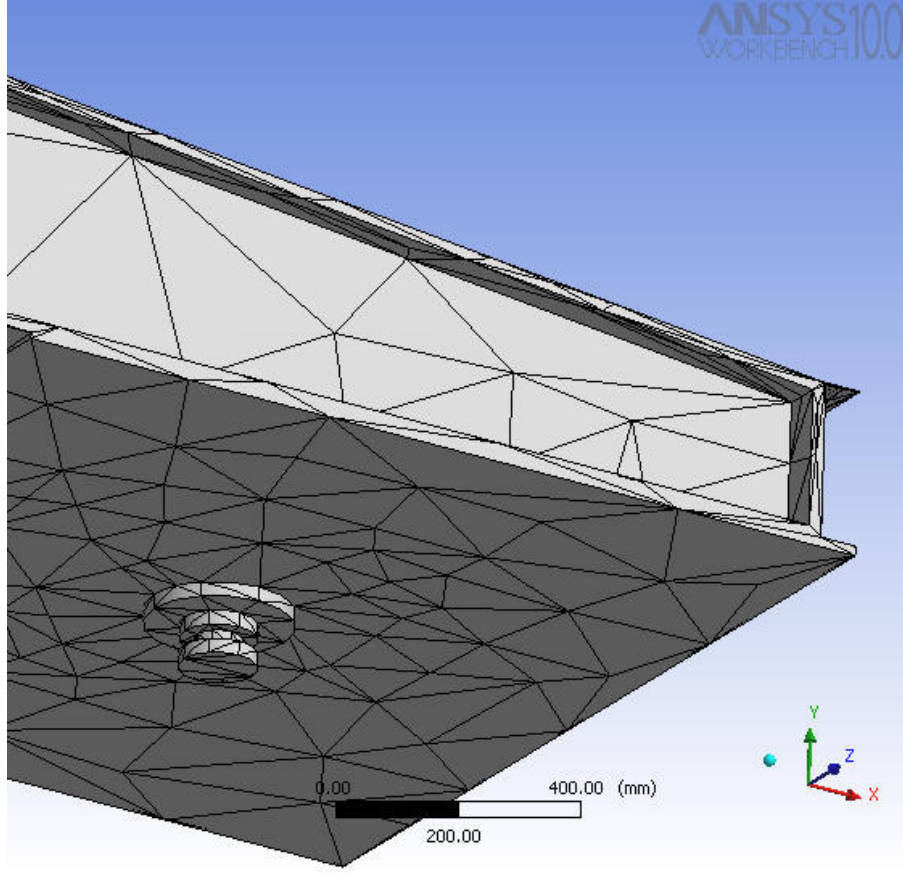
Yapının sonlu elemanlara ayrılmış hali Şekil 4.9 de görülmektedir.



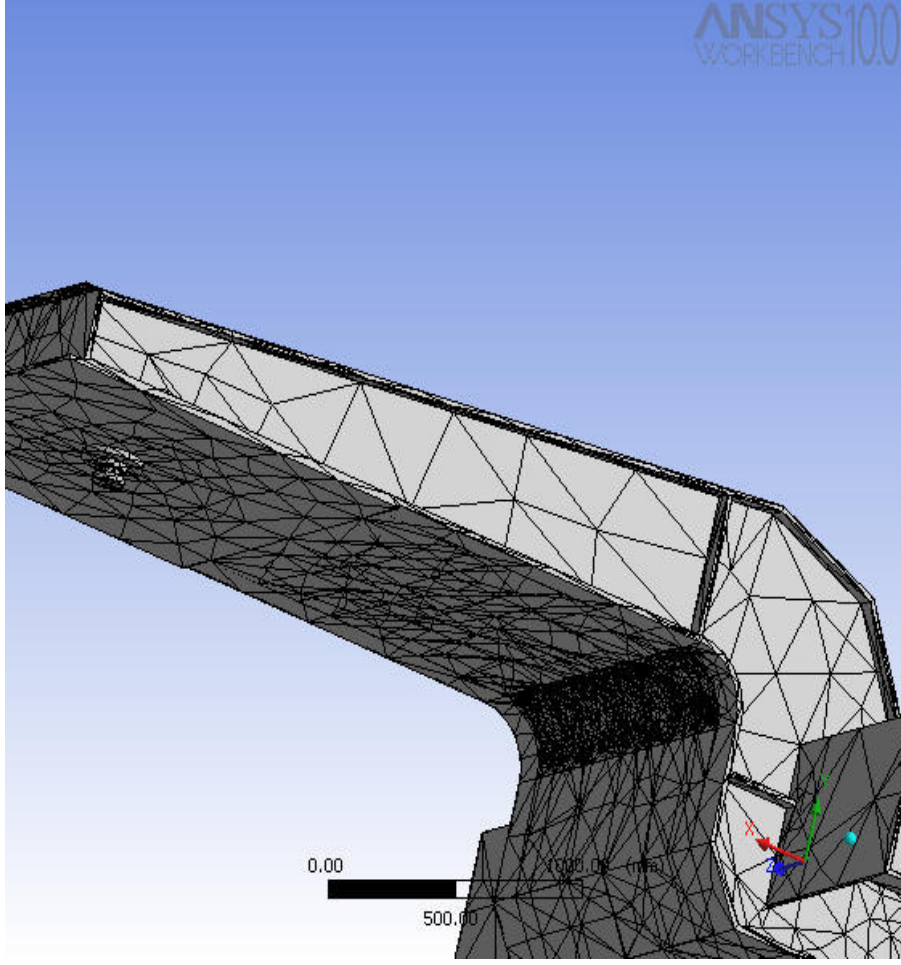
Şekil 4.9 Lowbed yarı römork şasisinin sonlu elemanlara ayrılmış hali



Şekil 4.10 Lowbed yarı römork şasisinin sonlu elemanlara ayrılmış halinin farklı açıdan gösterimi



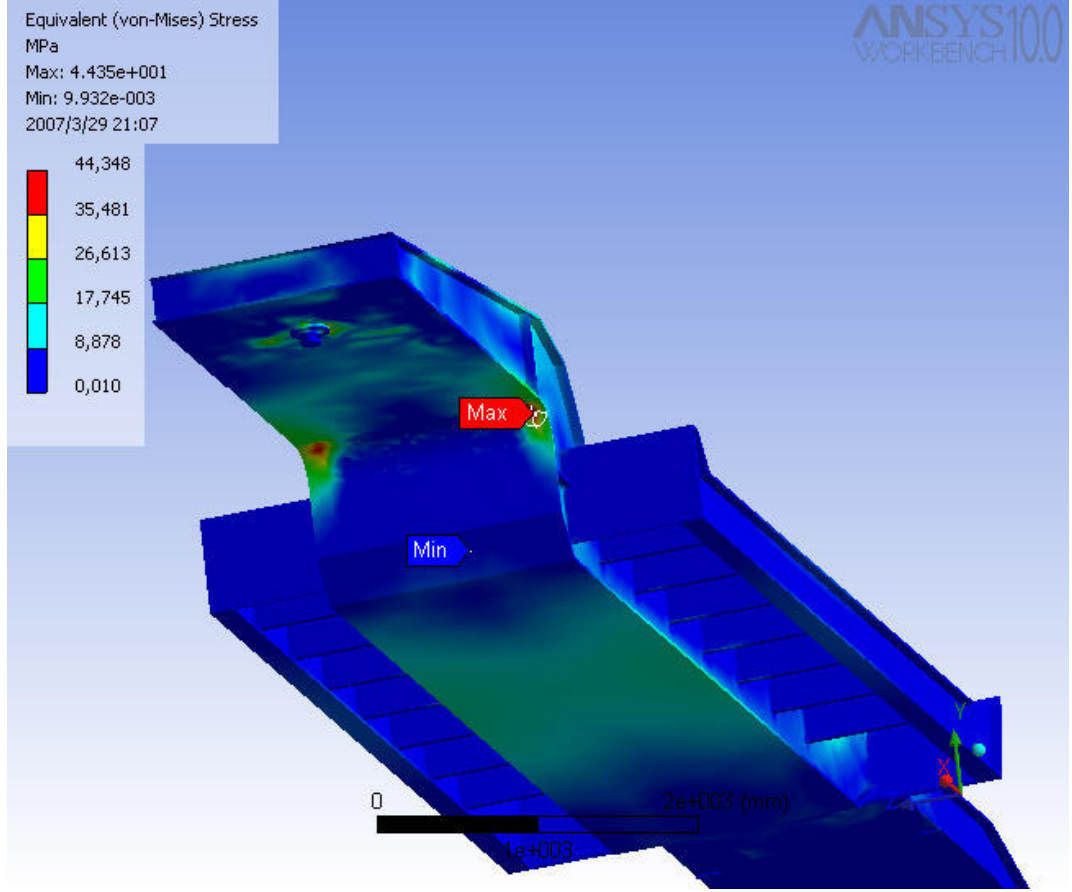
Şekil 4.11 Lowbed yarı römork şasisinin sonlu elemanlara ayrılmış halinin farklı açıdan gösterimi



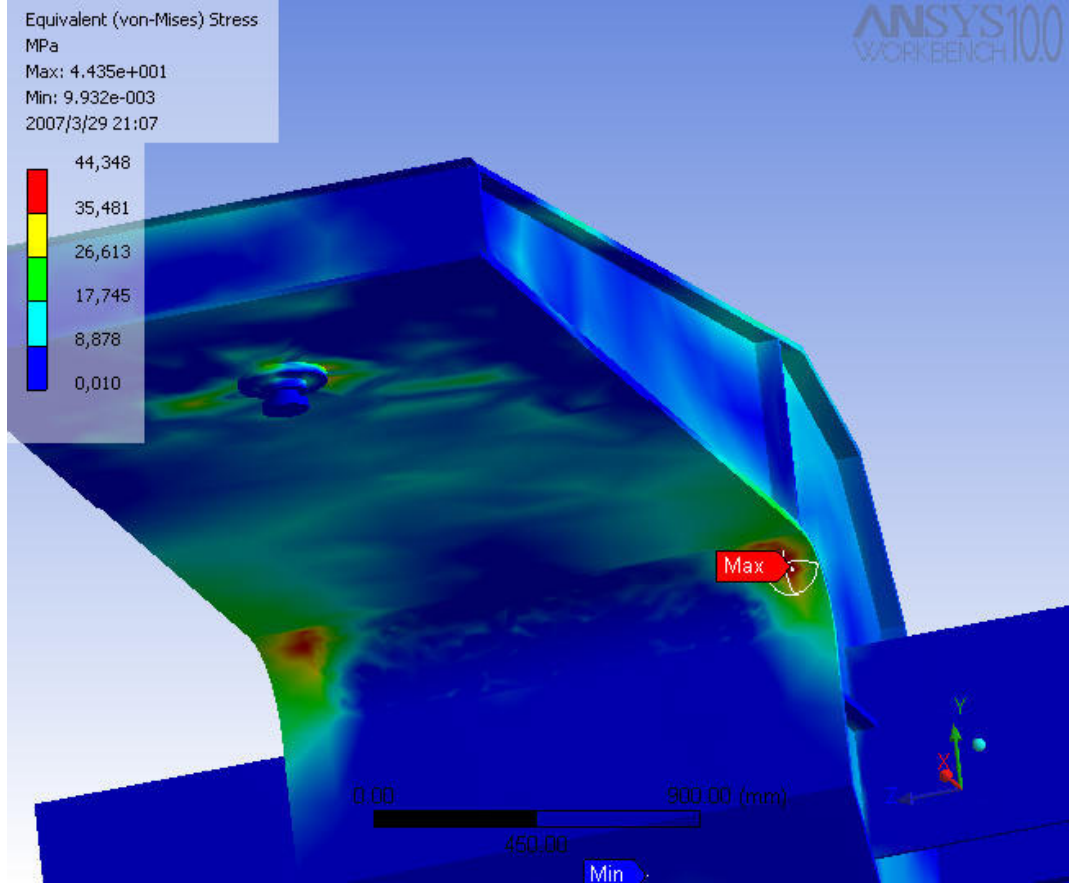
Şekil 4.12 Lowbed yarı römork şasisinin sonlu elemanlara ayrılmış halinin farklı açıdan gösterimi

4.1.3 Yapısal Analiz

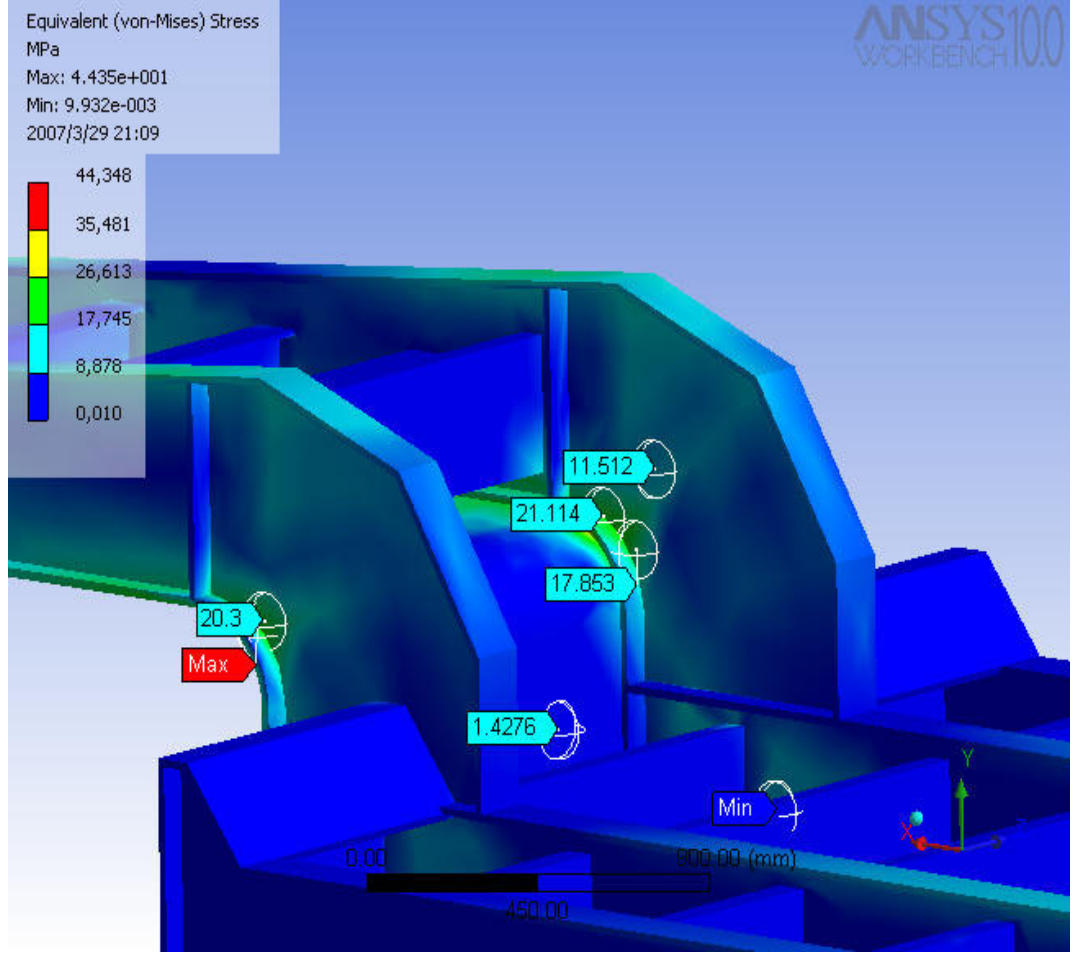
Yukarıda değişik yönlerden Sonlu Elemanlara Ayrılmış Hali gözlenen yapı; mesnet bölgelerinden tutularak, kasa üst yüzeyine 30 Ton' a eş değer yük uygulanmıştır. Bu yükleme etkisiyle oluşan gerilmelerin Eş Değer Gerilme Kriterine (Von Misses) göre yapı içindeki dağılımı Şekil 4.13. de görülmektedir.



Şekil 4.13 Lowbed yarı römork şasisindeki yüklemeye oluşan 3 yönlü gerilmelerin Von Misses kriterine göre yapı içindeki dağılımı

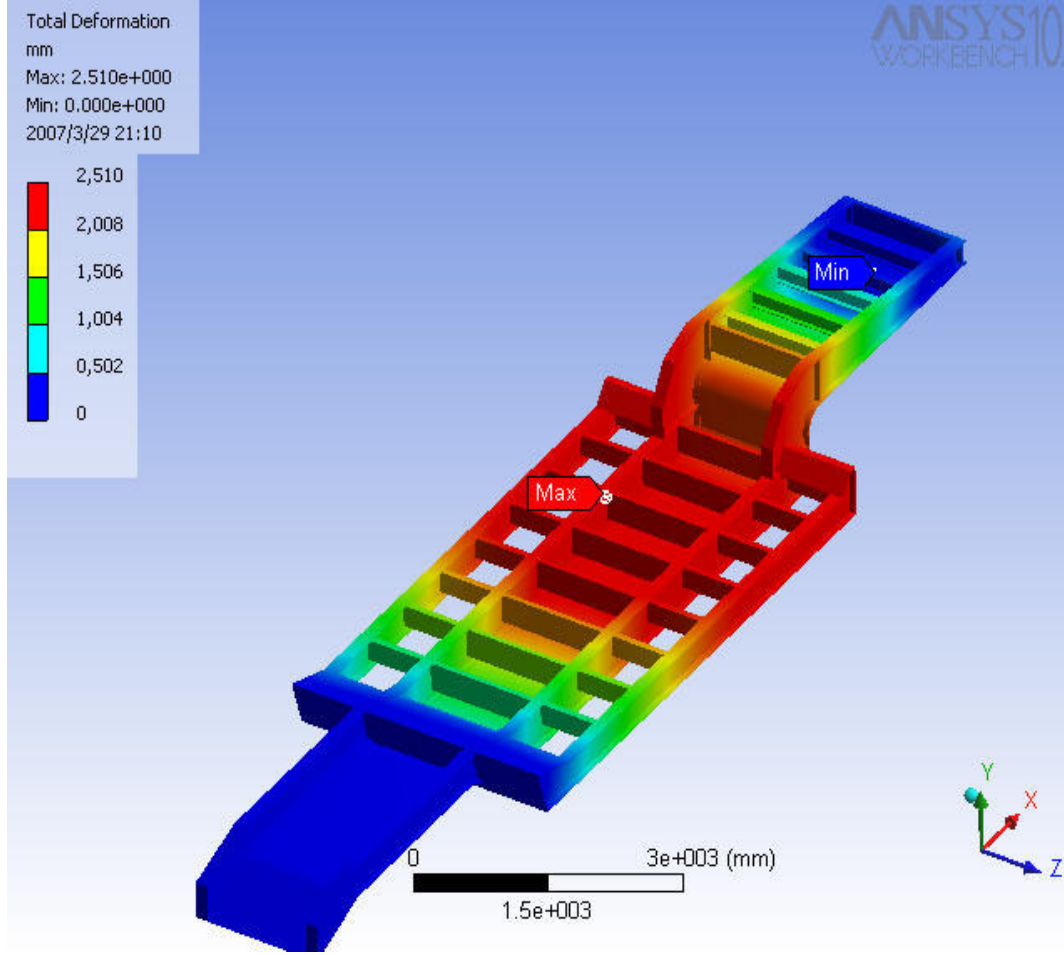


Şekil 4.14 Lowbed yarı römork şasisindeki Von Misses kriterine göre maksimum gerilmenin oluştuğu bölge



Şekil 4.15 Lowbed yarı römork şasisindeki Von Mises kriterine göre maksimum gerilmenin oluştuğu bölgenin farklı açıdan incelenmesi

Ayrıca yapı üzerinde deformasyonun yoğunlaştığı bölgelerin gözlemlendiği görünüm Şekil 4.16 deki gibidir.

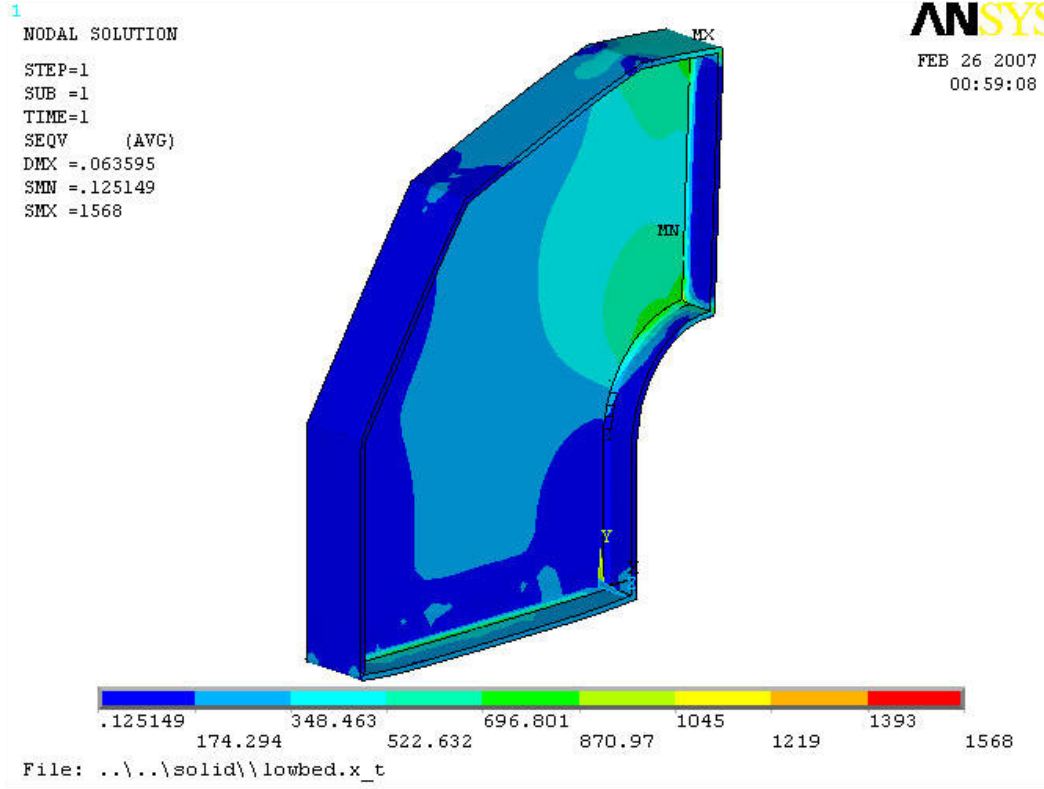


Şekil 4.16 Yapı üzerinde deformasyonun yoğunlaştığı bölgeler

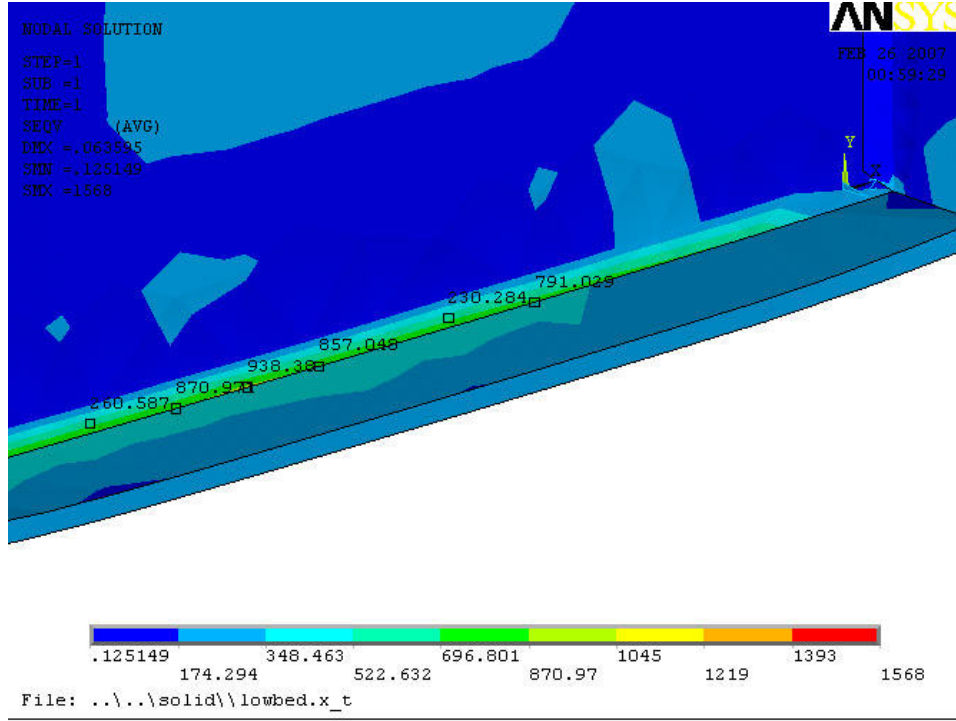
4.1.4 Boyun Bölgesinin Kaynaklı Birleştirme Modeli ve Yapısal Analizi

Gerilme dağılımından anlaşıldığı üzere; boyun bölgesinde kritik bir bölge söz konusudur. Bu bölgenin daha detaylı analiz edilmesi gerekliliği ortadadır. Bu bölge modellenirken dikkat edilmesi gereken en önemli husus; gerçeğe mümkün olduğunca yaklaşımdır. Özellikle analiz için gerekli yapısal gerçekleri göz önünde bulundurmak gerekir. Bu yapının kaynaklı birleştirme ile imal edildiği düşünülürse, parçalarının birbirlerine bağlantıları ancak kaynak bölgelerinde mevcuttur. Bu nedenle bölge modellenirken, sadece parçaların birbirlerine kaynak bölgelerinden

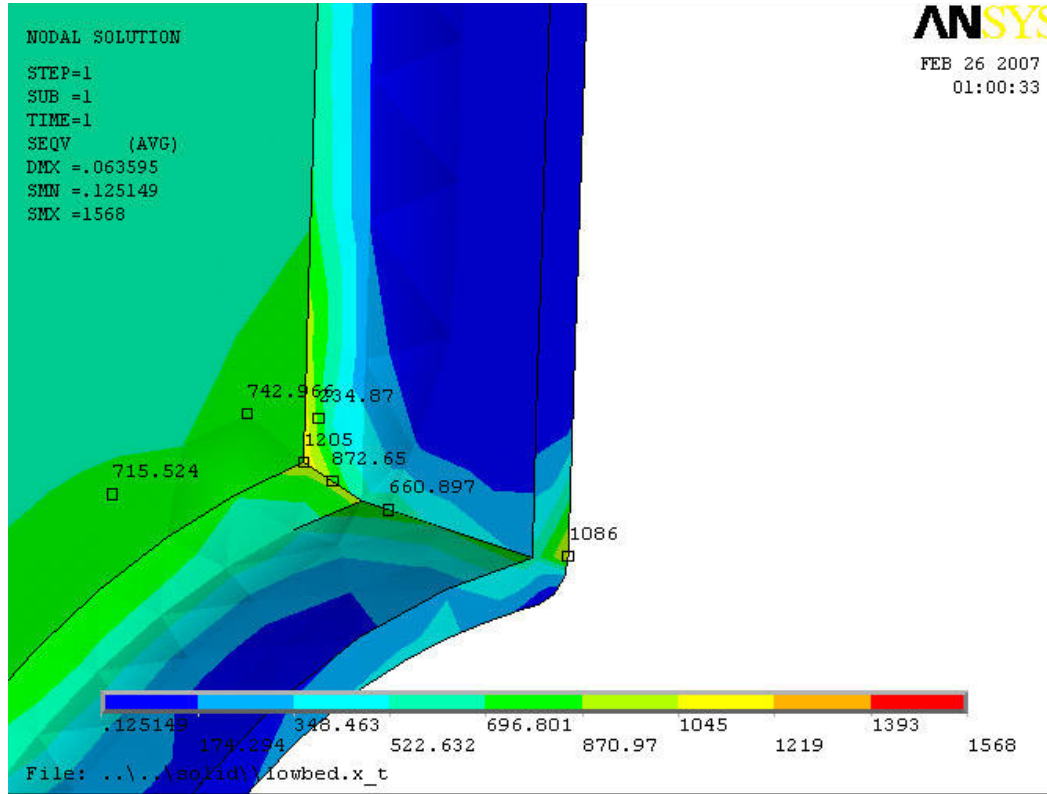
bağlandığı gerçeği düşünülerek, modellenmelidir. Bu detaylar düşünülerek gerçekleştirilen boyun bölgesi modeli; Şekil 4.17. de görüldüğü gibidir.



Şekil 4.17 Boyun bölgesinin kaynaklı birleştirme modeli



Şekil 4.18 Kaynak işleminden 1 sn sonra kaynak metalinde ve ana metalde oluşan maksimum ve minimum sıcaklıklar



Şekil 4.19 Kaynak işleminden 1 sn sonra kaynak metalinde ve ana metalde oluşan maksimum ve minimum sıcaklık bölgelerinin gösterilmesi

4.1.5. Boyun Bölgesinin Isısal-Yapısal Analiz Gerekliliği

Kaynak dikişi; gerilmeyi üzerine aldığı ve yapıyı taşıdığı için gerilme değerleri yüksektir. Bu nedenle; kaynak bölgesi yapının konstrüksiyonunda, tasarımında dikkatle ele alınması gereken bölgedir. Kaynak dikişinin modellenerek, yapısal analize sokulması da; yeterli bir yaklaşım tarzı değildir. Bunun nedeni; kaynak işleminin ısısal özelliğinden kaynaklanmaktadır. Analiz esnasında; yapının her yerindeki malzemelerin aynı fiziksel özelliklere sahip olduğunu düşünürüz. Oysa yapı üzerindeki tüm metal aksam aynı anda dökülmediği için, bunu kabul etmek gerçeğe yakın değildir. Özellikle yukarıda görüldüğü gibi; yapının kritik bölgesinin tespit edilip, ayrıntılı olarak incelenmesi önemlidir. Bu ayrıntılı incelemenin kapsamına eğer mevcutsa ısısal etkilerin de katılması gereklidir. Özellikle yapının

belli bölgelerinde ciddi ısısal değışiklikler olmuş ve tekrar soğuma gerçekleşmişse, bu bölgelerde oluşacak iç gerilmelerin tespit edilmesi çok önemlidir.

Bu gerçekten yola çıkılacak olursa; özellikle kaynak bölgelerine kaynak işlem sıcaklığının uygulanıp, Isısal Analize “Thermal Analysis” tabi tutulması gerekmektedir. Bu analiz sonucunda istenilen değerler artık gerilme miktarları olduğuna göre; “ikili coupled field” analize ihtiyaç vardır. Bu analizin birinci aşaması; Zamana Bağlı Geçişli “Transiant Thermal” analizdir. Bu analizde; kaynak bölgesine kaynak sıcaklığı uygulanıp, parça üzerinde dağılması hesaplanır. Bunun devamında geçişli analizin özelliği gereği soğuyana kadar beklenir. Bu aşama sonucunda parça üzerindeki düğüm noktalarında artık gerilmelere sebep olacak iç enerjiler tespit edilir. Analizin birbirine bağlı ikinci aşamasında ise bir önceki analizlerden alınan her bir düğüm noktasındaki iç gerilmeleri doğuracak etkiler parçaya yansıtılır. Bu işlemin devamında parçaya dışardan gelecek yükler uygulanır. Dış yükler ile iç gerilmeler aynı çözümlemeye dikkate alınır ve analiz çözümlenir. Sonuç olarak; elde edilen gerilme değerleri daha gerçekçi sonuçları içerir. Bu iki analizin gerçekleşme aşamaları, ısısal-yapısal çözümleme kısmında detaylandırılacaktır.

4.1.6. Boyun Bölgesinin Isısal Modelinin Oluşturulması ve Analizi

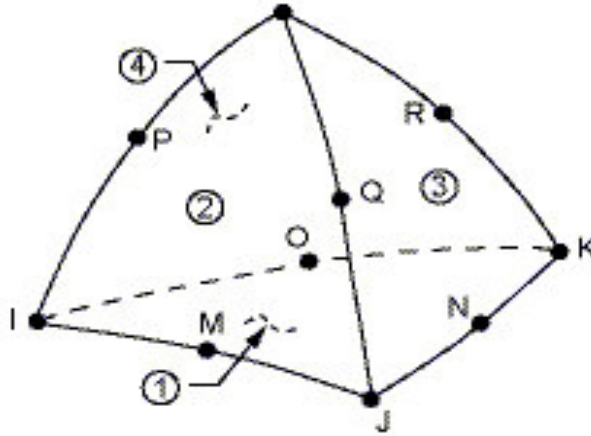
Kaynak bölgesinde oluşan ısısal etkileri incelemek üzere yapısal analiz sonucunda kritik olduğu tespit edilen boyun bölgesinin yapısal analizde kullanılan katı modeli; “Ansys/Thermal” ortamına alınmıştır. Burada ısısal analizde dikkate alınacak önemli hususların varlığı göz önüne alınmıştır. Bu hususların en önemlisi, yapılan ısısal analizin amacının sadece parça üzerindeki sıcaklık dağılımını gözlemek değil, aynı zamanda geçişli (Transiant) analizle parçayı soğutana kadar, analizi sürdürebilmesi gerçeğidir. Bunun yapılmasındaki amaç; parça üzerinde dağılan ısının soğuma esnasında doğuracağı artık gerilmeleri tespit etmektir. “Coupled Field” analiz diye nitelendirdiğimiz farklı iki disipline ait çözüm tekniğinin bir analizde birleştirilmesi (Thermal-Structural) gerçeğine uygun olarak ısısal analiz verileri ve çözüm yöntemi tespit edilmiştir. Bu tür analize ait çözümlemenin analiz girdileri; normal bir ısısal analizden farklılıklar göstermektedir.

Örneğin; seçilen ısısal eleman tipi bir sonraki yapısal analizde kabul gören ve aynı Sonlu Eleman Ağı (mesh) içerisinde eleman değişimine (Element Switch) izin veren bir algoritmaya sahip olması şarttır.

4.1.7 Isısal Analiz Giriş Verileri

Isısal analizde kullanılacak Sonlu Eleman Tipi ve malzeme özellikleri daha öncede belirtildiği gibi, bir sonraki yapısal analizi destekleyecek algoritmaya sahip olmalıdır. Bu sebeple katı eleman tiplerinden; Solid 87 no'lu eleman tipi kullanılmıştır. Bu elemanın seçilmesindeki en önemli sebep, yapısal eşinin bir yapısal analizde tercih edilen Solid 92 no'lu eleman tipi olmasıdır. Böylece bir sonraki yapısal analizde Sonlu Eleman Ağı'nı hiç bozmadan sadece eleman değiştirme (element switch) yöntemiyle aynı elemanların ısısal algoritması yerini yapısal analiz algoritmasına bırakacaktır. Böylece kolaylıkla, yapısal analiz verileri girilip, daha güvenli bir analize zemin hazırlanmış olunacaktır.

4.1.7.1 Solid 87 Isısal Eleman Tipi



Şekil 4.20 Solid 87 Isısal eleman tipi şematik gösterimi

4.1.7.2 Isısal Modelin Malzeme Özellikleri

Isısal analizini gerçekleştireceğimiz Lowbed çekici aracın boyun kısmında yapı çeliği olarak adlandırdığımız St 37-2 çeliğine ait özellikler kullanılacaktır. Kaynak malzemesi olarak Şekil 4.21 de görülen ve ısı ile özelliklerindeki değişimi belirlenmiş olan kaynak metali malzemesine ait özellikler kullanılacaktır.

St 37-2 Malzemesine ait ısısal özellikler;

ρ (yoğunluk) : 7841,72 kg/m³

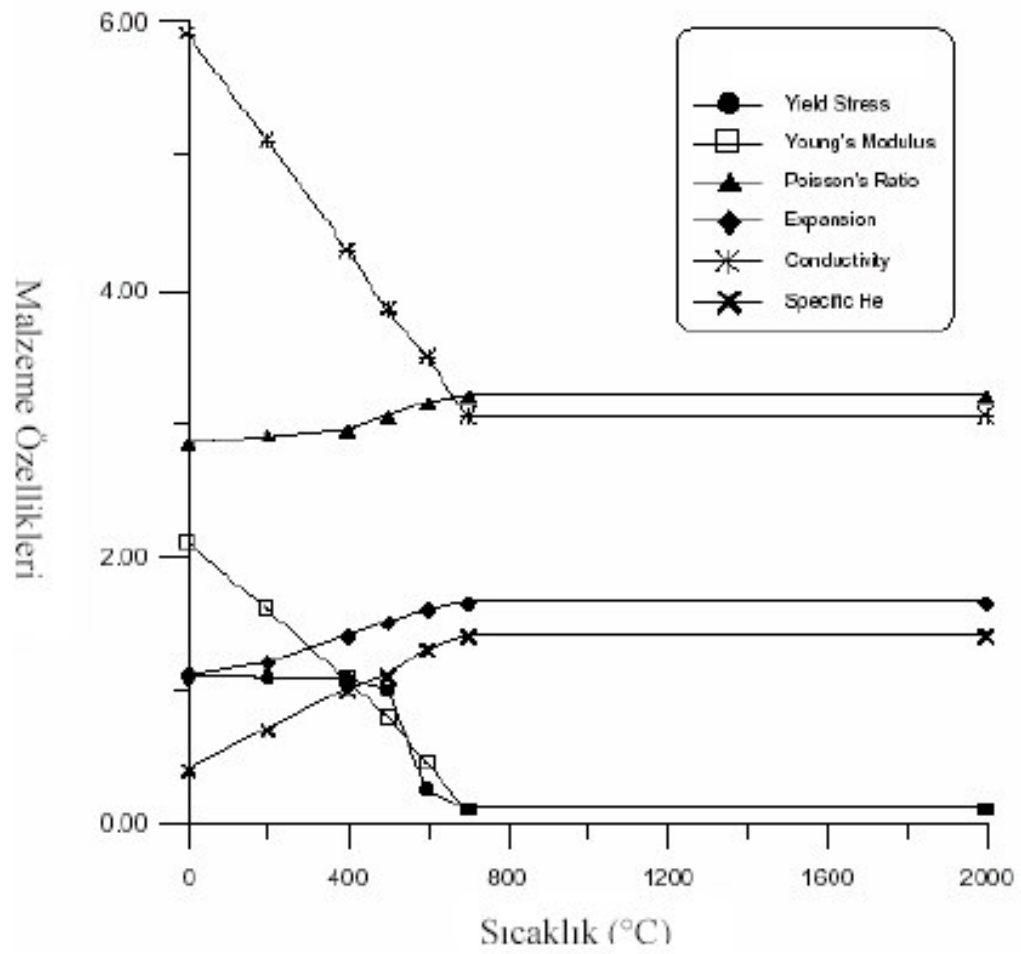
k (ısı iletim katsayısı): 46.7 W/m.°K

c (özgül ısı) : 437.36 J/kg.°K

h (film katsayısı) : 50 W/m².°K

E (elastisite modülü) : 210 GPa

Kaynak Malzemesi olarak aynı malzemenin sıcaklığa bağlı olarak değişen termomekanik değerleri girilir. Bu değerler Şekil 4.21. deki grafikten alınabilir.



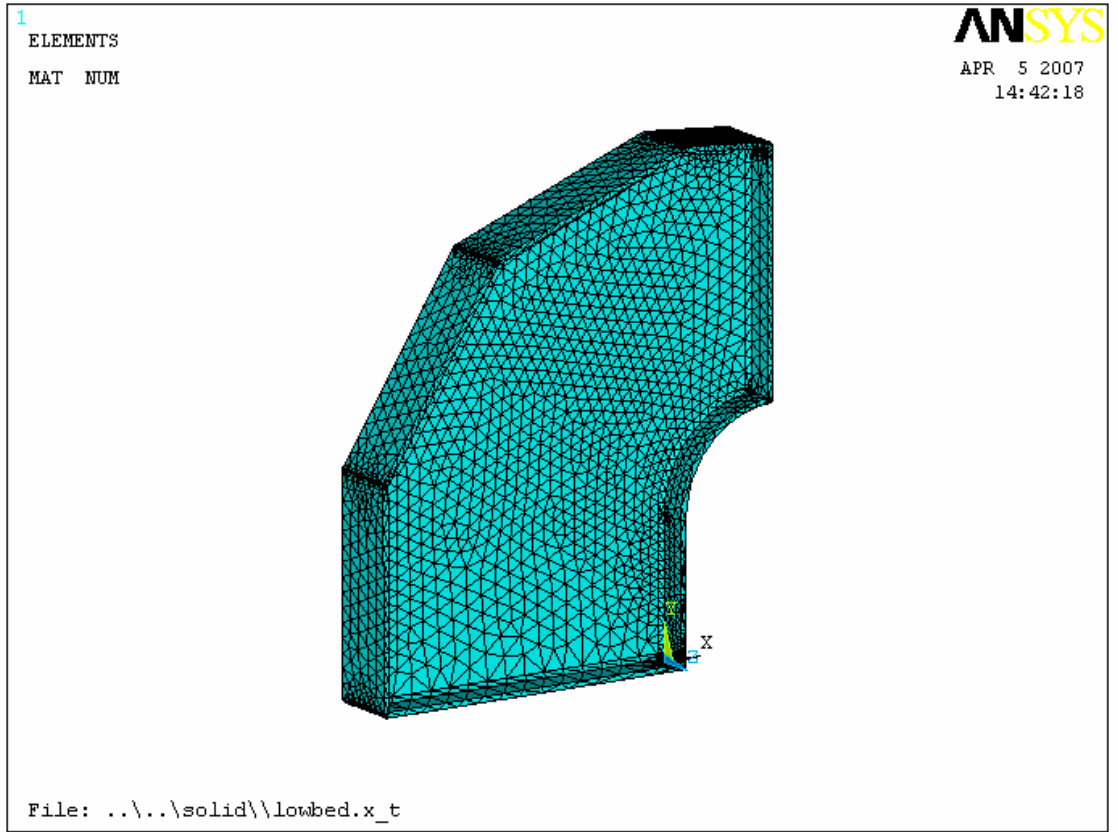
Sembol	Özellik	Birim
●--- σ_y	Akma Mukavemeti	$\times 10^8$ Pa.
□---E	Elastiklik Modülü	$\times 10^{11}$ Pa
◆--- α	Genleşme Katsayısı	$\times 10^{-5}$ m/m [°] K
Δ--- ν	Poisson Oranı	$\times 10^{-1}$
*---k	İletkenlik	$\times 10$ W/m ² °K
x---c	Özgül ısı	$\times 10^2$ J/kg°K

Şekil 4.21 Kaynak malzemesinin sıcaklığa bağlı olarak değişen termomekanik değerleri

Analize başlamadan önceki başlangıç sıcaklık şartları ana metal için 300 °K, kaynak metali için 1723 °K olarak alınmıştır.

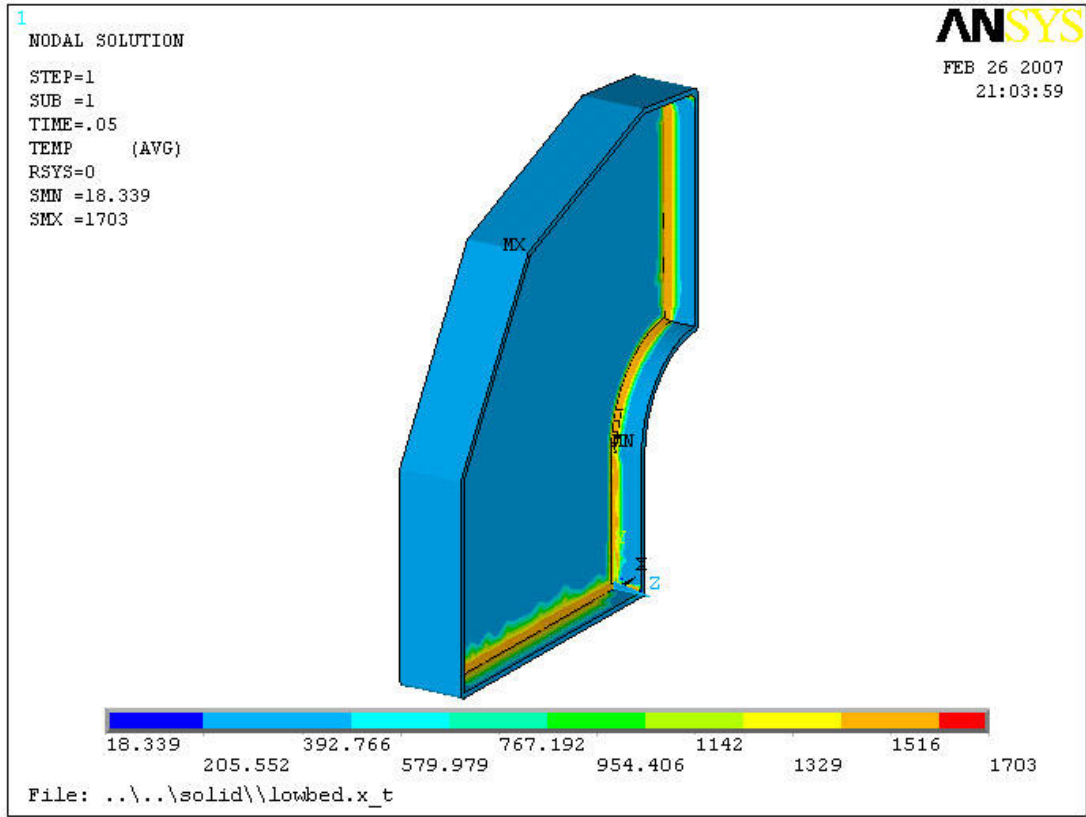
4.1.8 Isısal Analiz

Yapısal analizini gerçekleştirdiğimiz boyun bölgesinin Solid 87 nolu ısısal elemanla Sonlu Elemanlara Ayrılmış hali Şekil 4.22. de görülmektedir.

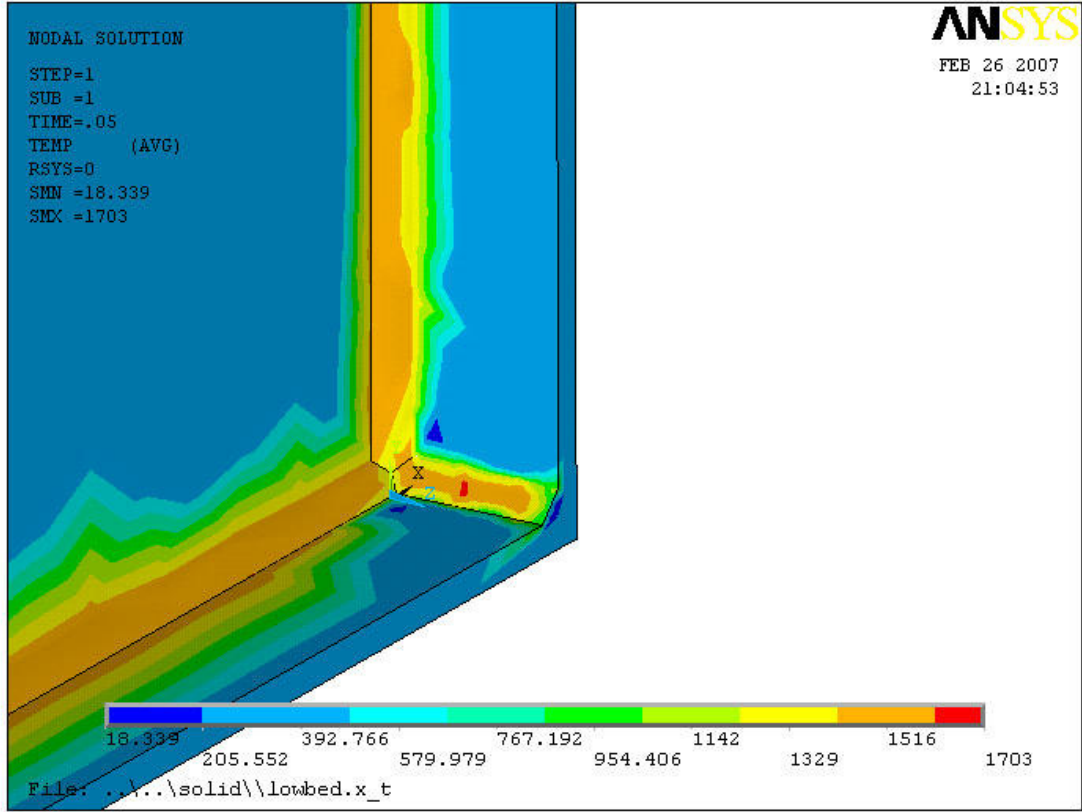


Şekil 4.22 Boyun bölgesinin solid 87 nolu ısısal elemanla sonlu elemanlara ayrılmış hali

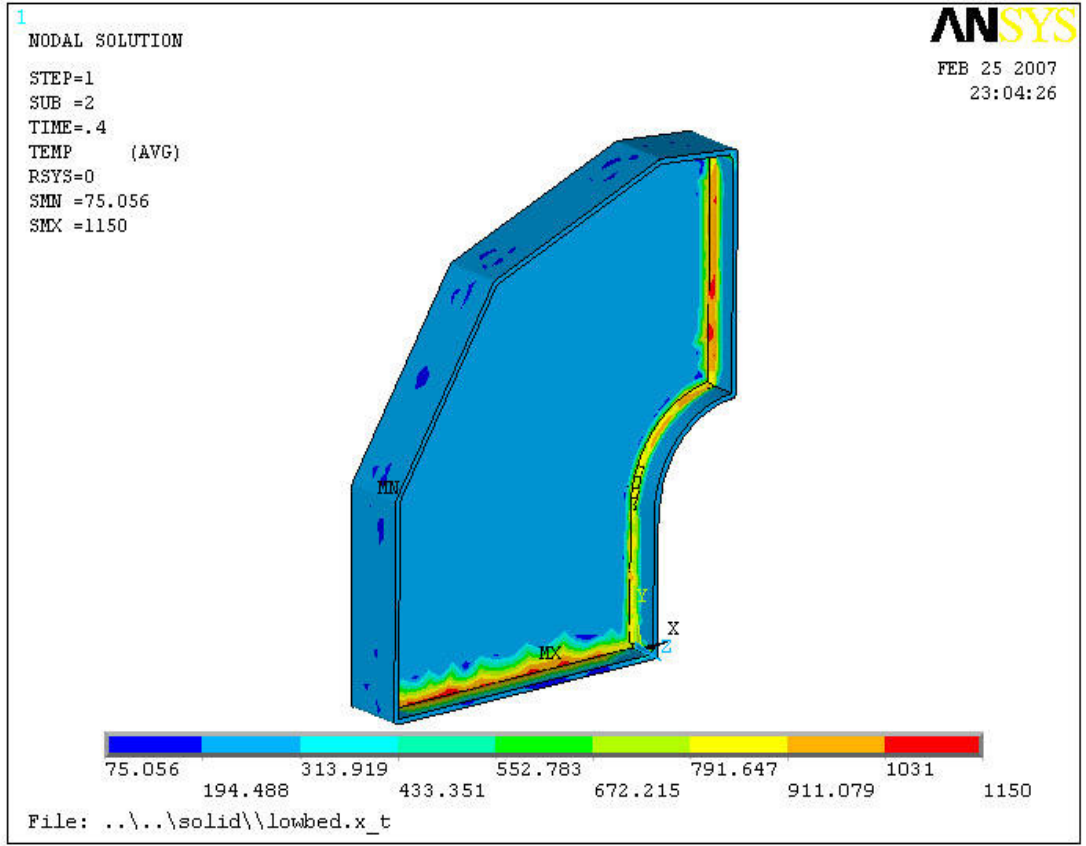
Kaynak bölgesine 1723 °K ısı uygulandıktan sonraki soğuma sürecine ait ısı dağılımı Şekil 4.23 - 4.24 - 4.25 - 4.26 - 4.27 - 4.28 - 4.29 - 4.30 da görülmektedir.



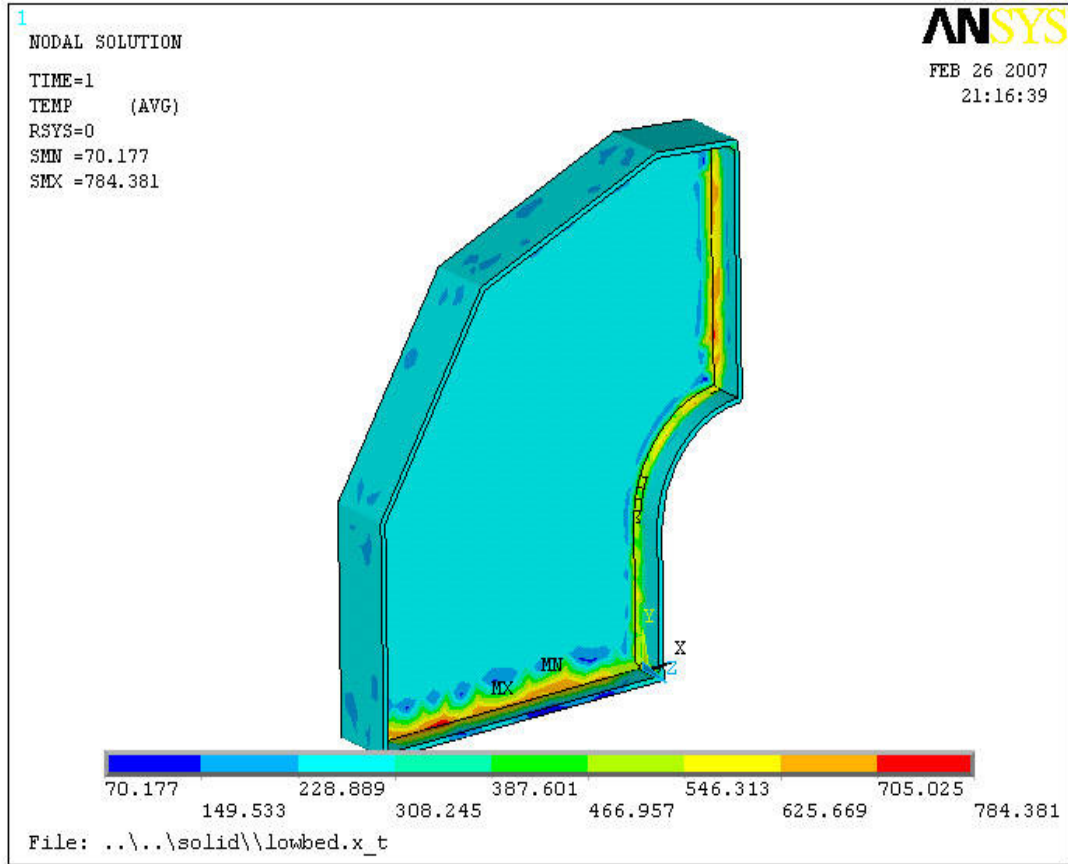
Şekil 4.23 Boyun bölgesinde 0.05 sn sonraki sıcaklık dağılımı.



Şekil 4.24 Boyun bölgesinde 0.05 sn sonraki sıcaklık dağılımı (birleşim bölgesi)



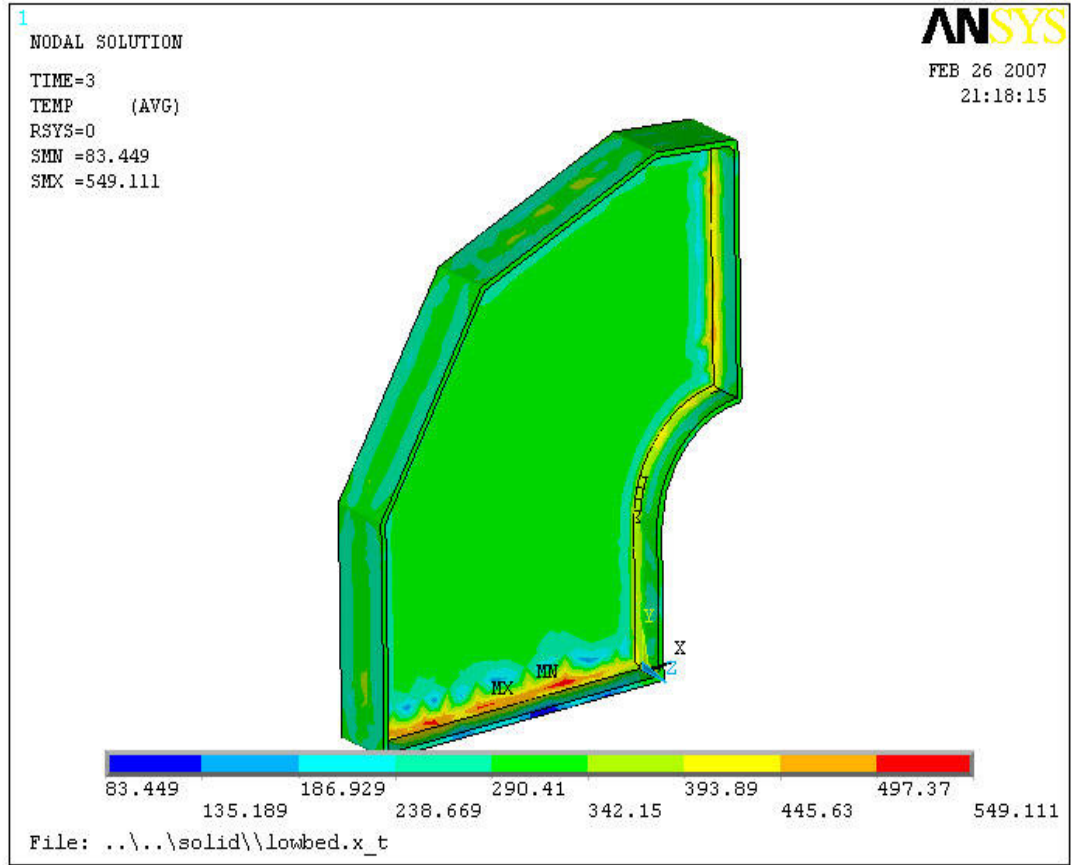
Şekil 4.25 Boyun bölgesinde 0.4 sn sonraki sıcaklık dağılımı



Şekil 4.26 Boyun bölgesinde 1 sn sonraki sıcaklık dağılımı (birleşim bölgesi)



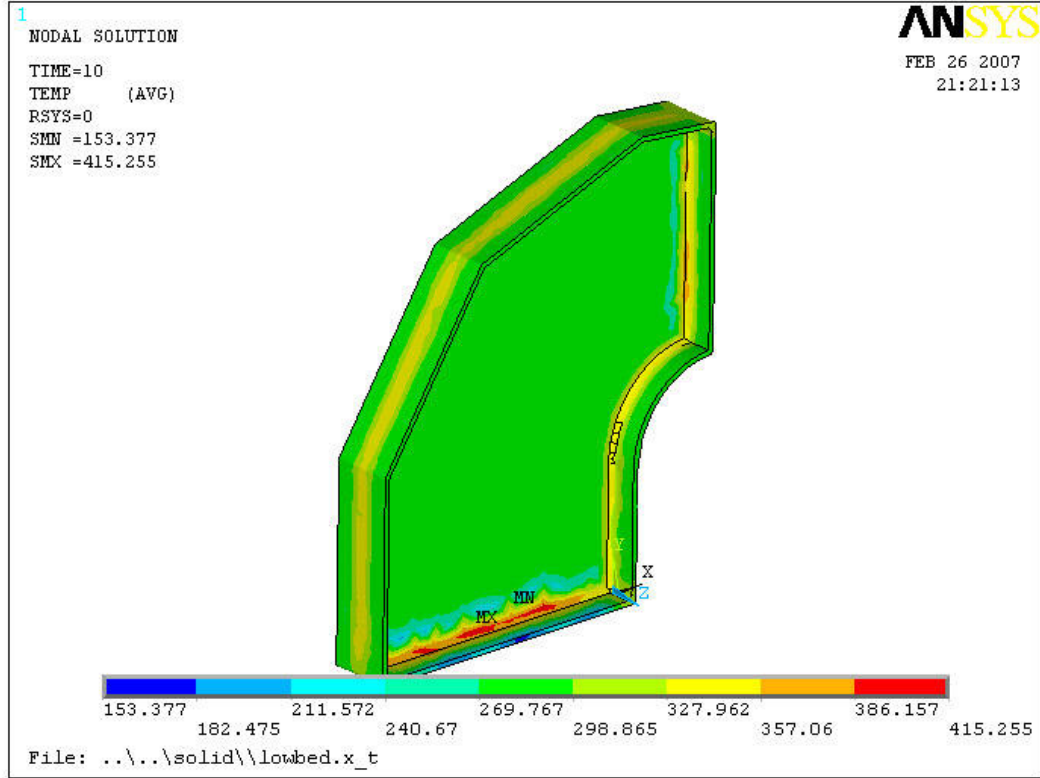
Şekil 4.27 Boyun bölgesinde 2 sn sonraki sıcaklık dağılımı (birleşim bölgesi)



Şekil 4.28 Boyun bölgesinde 3 sn sonraki sıcaklık dağılımı (birleşim bölgesi)



Şekil 4.29 Boyun bölgesinde 4 sn sonraki sıcaklık dağılımı (birleşim bölgesi)



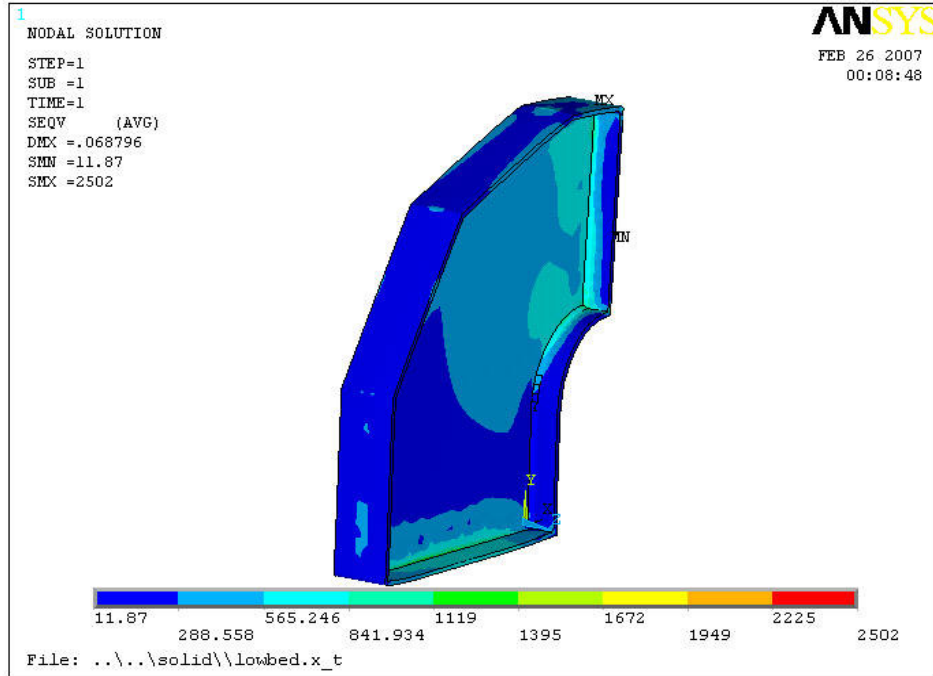
Şekil 4.30 Boyun bölgesinde 10 sn sonraki sıcaklık dağılımı (birleşim bölgesi)

Sıcaklık dağılımları belirlendikten sonra “thermal-to-structural coupled” (ısısal-yapısal birleşik) analizin aşamaları uygulanmıştır. Bu aşamalar aşağıda özetlenmiştir.

Direk ve indirek metodun varlığından söz etmek gerekir. Bizimde analizde kullanılan direk metotta yapısal eşleniği bulunan bir ısısal eleman tipi seçilerek Sonlu Elemanlara ayrılır ve ısısal analiz bittiğinde yapısal analize geçiş için tek komut kullanılır. Program aynı ağı kullanarak sadece elemanların algoritmasını değiştirir. Bundan sonra ısısal analiz sonucunda genleşme farklarından dolayı oluşan artık gerilmeleri yapısal parça üzerinde otomatik olarak uygular. Sonuç olarak yapısal sistemin getirdiği ilave yapısal yüklemeler yapılarak çözüm gerçekleştirilir.

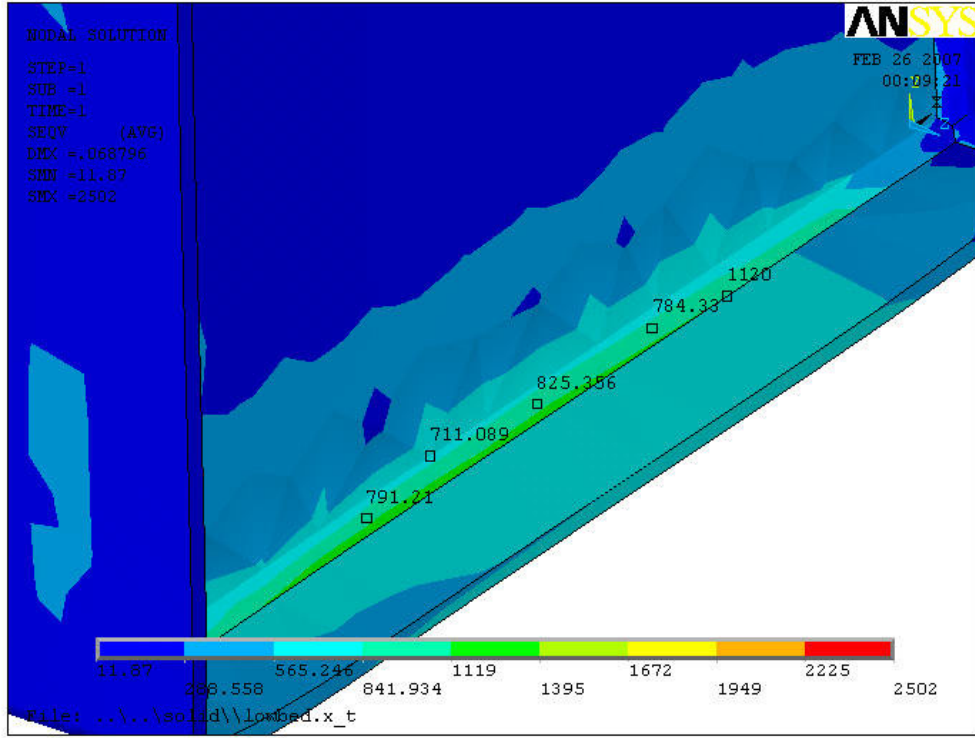
4.1.9 Isısal Yapısal Analiz

Bir önceki aşamada oluşturulan ısısal zamana bağlı geçişli “Thermal Transiant” analizde; her noktadaki sıcaklık dağılımları zamana bağlı olarak çözülür ve parça soğutulur. Bundan sonra grafik ara yüzü yapısal ve ısısal örnekleri çözebilecek şekilde seçilmiştir. Bir sonraki aşamada tüm ısısal yüklemeler silinir ve ısısal genleşme kat sayılarını da içeren yapısal malzeme tanımlamaları yapılır. Daha sonra eleman tipi “switch element type” komutuyla “thermal to structural” (ısısal’dan yapısal’a) değiştirilir. Bir sonraki aşamada; bir önceki analiz sonucu oluşturulan “rth” uzantılı dosya “apply-temperature” (sıcaklık uygula) komutuyla okutulur. Daha sonra yapısal analiz, yeni bir analiz seçimi menüsünden seçilir ve “load step” yük adımları belirlenir. Bir sonraki aşamada, kaynak işleminin gerçekleştiği ortamın oda sıcaklığı “reference temperature” menüsünden girilir. Son olarak artık gerilmelerin üzerine etkileyen yapısal yüklerin doğurduğu gerilmeler “general postprocessor” menüsünden okunur. Yapılan çözümlenme sonuçlarının eşdeğer gerilme kriterine göre “Von Misses” gerilme dağılımı Şekil 4.29. de görülmektedir.

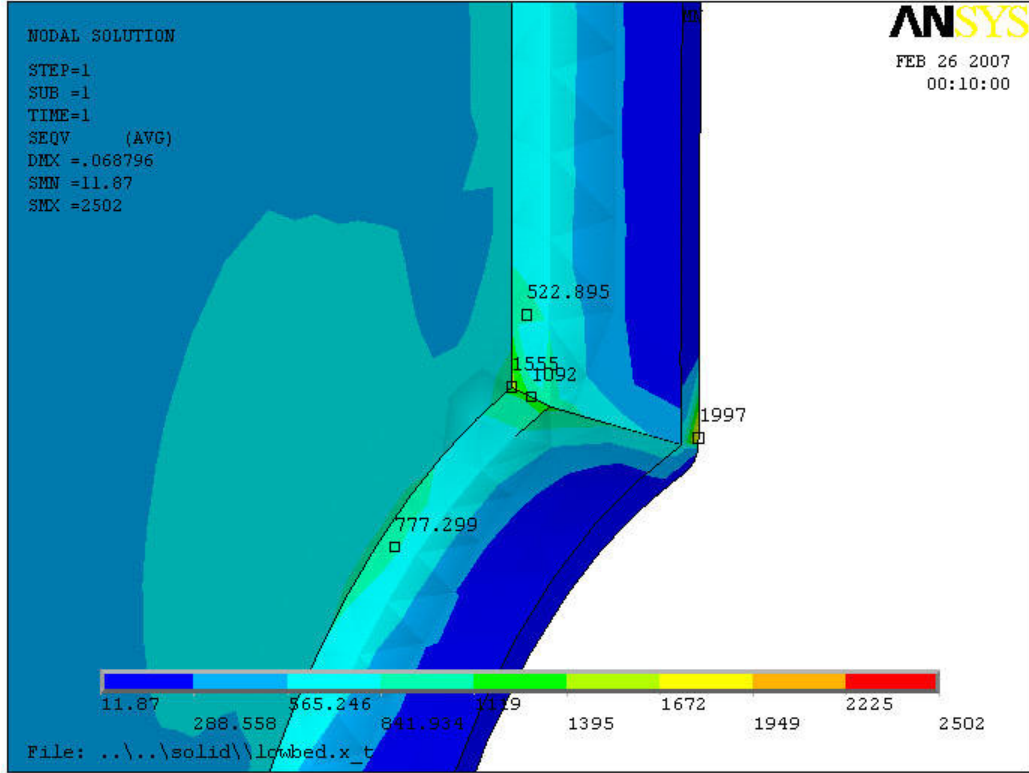


Şekil 4.31 Isısal yapısal analiz sonucunda eşdeğer gerilme kriterine “Von Misses” göre boyun bölgesindeki gerilme dağılımı (birleşim bölgesi)

Kritik görülen bölgelerin yakın görünüşleri ve noktasal değerleri Şekil 4.30. ve Şekil 4.32. de görülmektedir.



Şekil 4.32 Eşdeğer gerilme kriterine “Von Misses” kriterine göre boyun bölgesinde kritik gerilme bölgesi

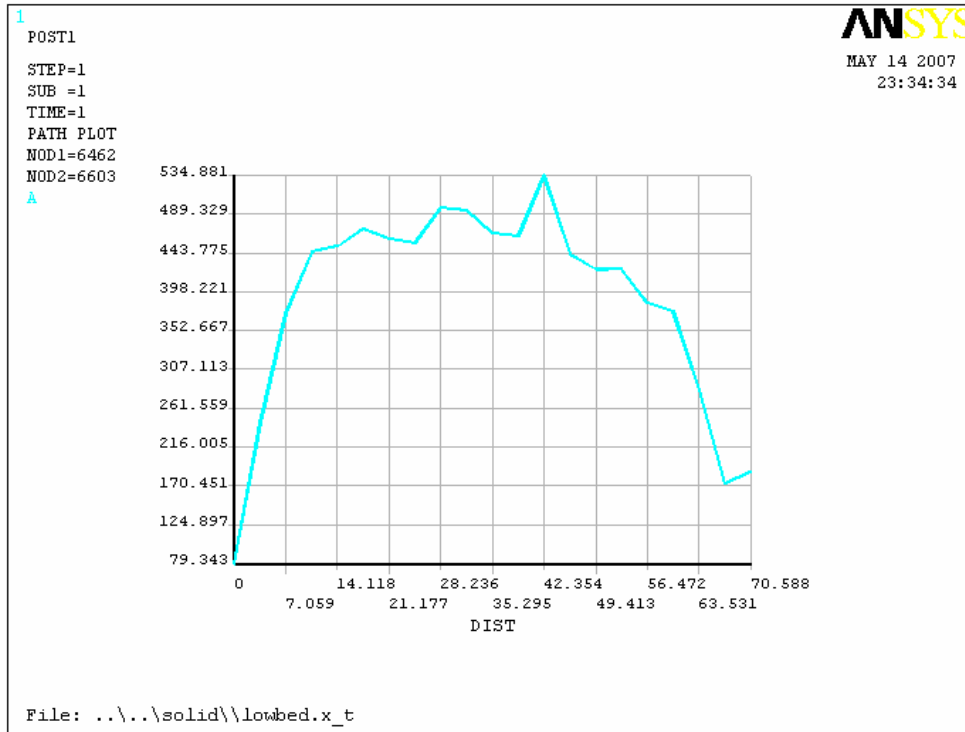


Şekil 4.33 Eşdeğer gerilme “Von Misses” kriterine göre boyun bölgesinde kritik gerilme bölgesi

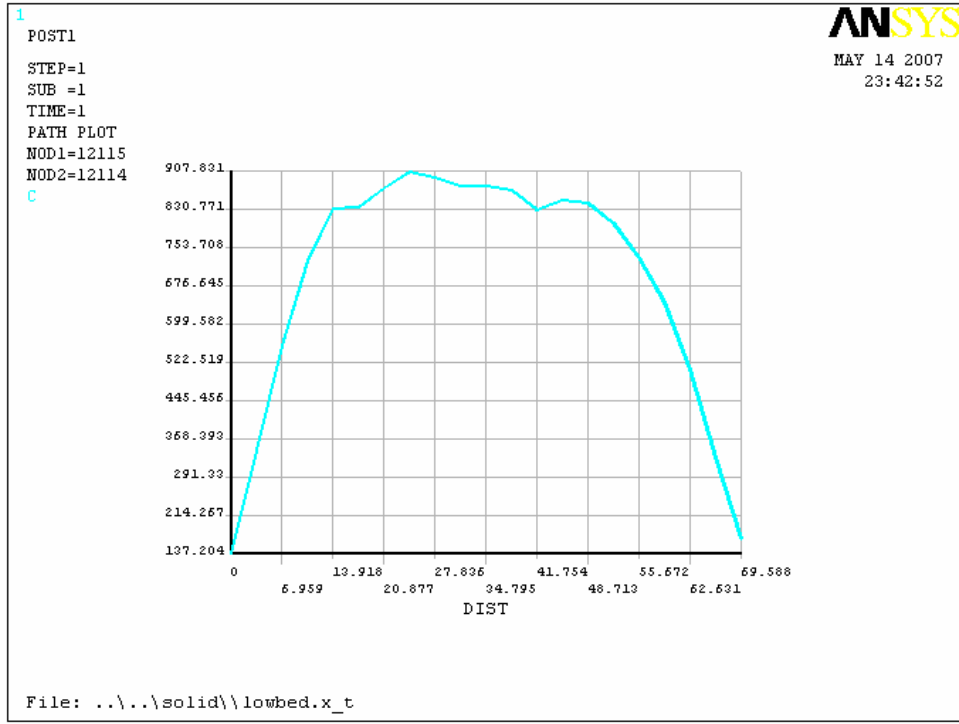
Kaynağın ısısal etkisinin yapısal çözümlemenin sonucu üzerindeki rolü belirlenirken, ilk olarak örnek seçilen lowbed ağır yük taşıyıcısının kritik bölgesi tespit edilmiştir. Bu işlem, komple lowbetin üç boyutlu modeli oluşturulup gerçeğe yakın yükler altında Sonlu Elemanlar Analizi yapılması yoluyla gerçekleştirilmiştir. Komple şasi üzerinde yapılan yapısal analiz sonucunda, “deve boynu” olarak nitelendirilen bölgede gerilmelerin yoğunlaştığı gözlenmiştir. Bu bölge ısısal-yapısal birleşik (thermal-structural coupled field analysis) analiz yapılmak üzere ayrıca modellenmiştir. Modelleme esnasında, kaynak bölgelerinde iki parçanın birbirine tutunduğu kaynak dikişi bölgesinin iki parça arasındaki bağlantıyı sağladığı gerçeği, göz önüne alınmıştır.

Bu aşamadan sonra; sadece kaynak dikişi bölgesine kaynak işlemi uygulama ısısal etkilmiş ve parça üzerindeki zamana bağlı ısı dağılımı termal analiz yoluyla

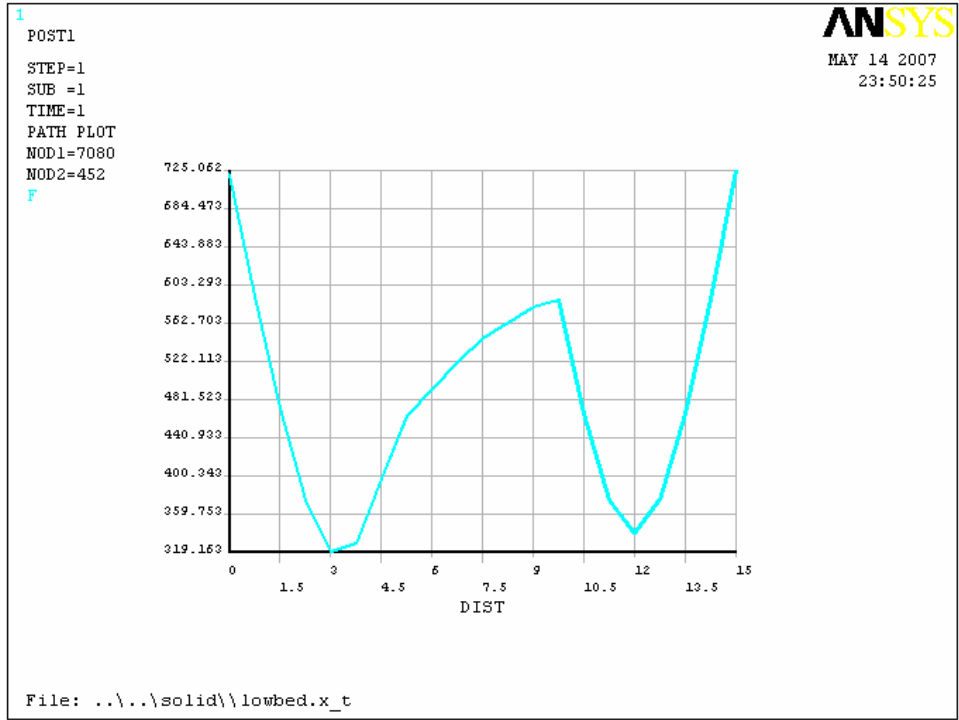
belirlenmiştir. Bu analiz sonucunda; parça üzerindeki her noktanın ısı sıcaklık değeri rth uzantılı bir dosya ile tespit edilmiştir. Bir sonraki aşamada aynı model yapısal analiz modülünde açılarak, ilk önce bir önceki analizde oluşturulan rth uzantılı dosya okutularak, modelin ısısal genleşme analizi için gerekli şartlar oluşturulmuştur. Aynı model üzerine yapıdan gelen yükler etkiltilerek, ısısal genleşmenin ve yapısal yüklerin birlikte sebep olduğu gerilme değerleri elde edilmiştir.



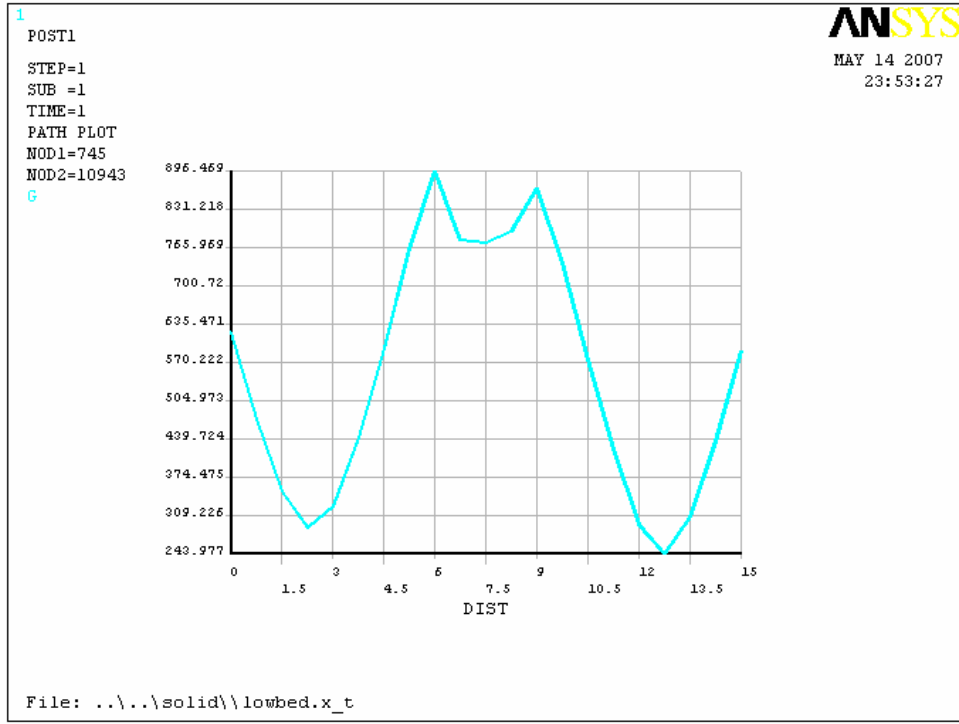
Şekil 4.34 Yapısal analiz gerilme dağılımı grafiği



Şekil 4.35 Isısal-Yapısal analiz gerilme dağılımı grafiği



Şekil 4.36 Analiz edilen parçanın taban gerilme değerleri grafiği



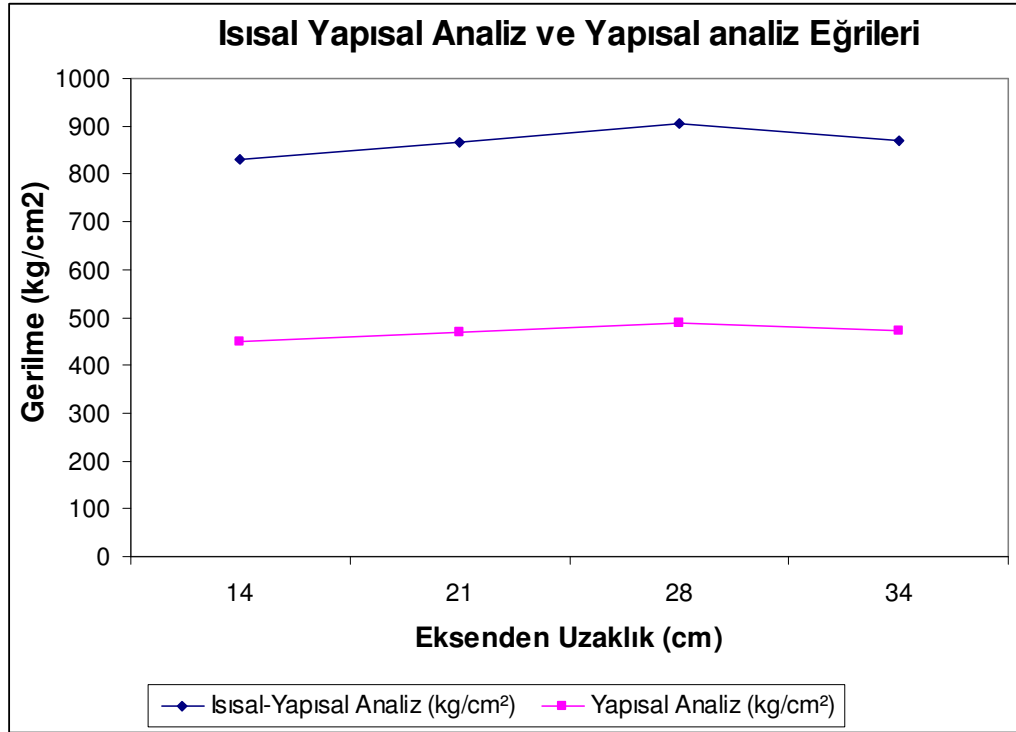
Şekil 4.37 Analiz edilen parçanın üst yüzey gerilme değerleri grafiği

İncelenen modele ait; yapısal analiz ve ısısal yapısal analiz gerilme değerlerinin en yüksek olduğu 14 cm, 21cm, 28 cm ve 34 cm noktalarını karşılaştırıldığında görülmüştür ki ısısal yapısal analiz ve yapısal analiz arasında ortalama bir çarpan oluşmuştur. Bu çarpana yapısal ısısal analiz çarpanı diye adlandırarsak x_{IY} : 1.84 dür.

Isısal Yapısal Analiz: Yapısal Analiz * x_{IY}

orjinden uzaklık (cm)	Isısal-Yapısal Analiz (kg/cm ²)	Yapısal Analiz (kg/cm ²)	%Fark	Y çarpan
14	830	451	54	1,84
21	867	470	54	1,84
28	904	490	54	1,84
34	870	472	54	1,84

Şekil 4.38 Isısal yapısal analiz ve yapısal analiz karşılaştırılması



4.39 Isısal yapısal analiz ve yapısal analiz karşılaştırılması grafiği

5. SONUÇ

Yapılan analizlerde amaç kısmında hedeflenen, ısısız etkinin doğurduğu genleşme farkları sonucu olarak oluşan artık gerilmelerin, yapısal analizdeki sonucu etkileyen rolü kanıtlanmıştır.

Sonuçlar karşılaştırıldığında, parçanın alt kaynak bağlantı bölgesinde sadece yapısal yükler dikkate alındığında, yapısal analizdeki gerilme değerlerinin yapısal ısısız analize göre daha düşük değerlerde olduğu gözlenmiştir. Bu fark şekil 4.38 ve şekil 4.39 grafiğinde görülmektedir. Ayrıca değerler karşılaştırıldığında; özellikle orta bölgelerdeki gerilme değerlerinde yaklaşık % 54 oranında bir fark olduğu gözlenmiştir. Görülmüştür ki ısısız yapısal analiz ve yapısal analiz arasında ortalama bir çarpan oluşmuştur. Bu çarpana yapısal ısısız analiz çarpanı diye adlandırarsak x_{IY} : 1.84 dır.

Yapısal Isısız Analiz: Yapısal Analiz * x_{IY}

KAYNAKLAR

- [1] Reliance Trailer “Reliance History”
<http://www.reliance.com>.
- [2] Güneş Dorse “Lowbed Yarı Römork”
<http://www.gunesdorse.com.tr>.
- [3] Seçen Dorse “Damperli Yarı Römork”.
<http://www.secendorse.com>
- [4] Tırsan “Semi Treyler ürünleri”
<http://www.tirsan.com.tr>.
- [5] İstanbul Freuhauf Taşıt Araçları “Ürünlerimiz”
www.otokar.com.tr.
- [6] Yüksel, A. Şasi, 629-24, Makine Mühendisleri Odası, Ankara, (1975), 5.
- [7] Özgüç, M., Araç Proje ve Dizaynı, 626-24, Makine Mühendisleri Odası, Ankara (1977), 43.
- [8] Eren, İ., Taşıt Süspansiyon Sistemleri Tasarımında BurulmaYüklerinin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı, (1996).
- [9] Karadeniz, S., Kaynak Makineleri, İzmir DEÜ Mühendislik Fakültesi Yayınları, Cilt1, İzmir, (2000), 22-30
- [10] Vural, M., Mak351-İmal Usulleri, Kaynak Ve Birleştirme Teknolojisi,
<http://www.mkn.itu.edu.tr/~vuralmu/MAK351-KAYNAK.pdf>.
- [11] Akın, S., Makine Mühendisliği El Kitabı, Üretim ve Tasarım, Kaynak Teknolojisi, Cilt 2, Makine Mühendisleri Odası, Ankara, (1996), 153-160 .
- [12] Kaluç, E., Ergitme Esaslı Kaynak Yöntemleri, TMMOB Kaynak Teknolojisi el Kitabı, Cilt 1, Makine Mühendisleri Odası, Ankara, (2004), 132-140.
- [13] Oğuz, B., Ark Kaynağı, Oerlikon Yayını, (1989),
<http://www.oerlikon.com.tr/pls/oerlikon/>
- [14] Altan, M., Kaynak Distorsiyonları ve Sonlu Elemanlar Yöntemiyle Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (2002).
- [15] Benli, S., Kaynaklı Parçalarda Oluşan Artık Gerilmelerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü Konstriksiyon ve İmalat Ana Bilim Dalı, (2004).
- [16] Tolun, F.G., “Tarım römorklarının Arka Dingiline Etkiyen Yüklerin ANSYS ile İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tez Semineri, Balıkesir Üniversitesi , (2006).
- [17] ANSYS Tutorials .
- [18] Eren, İ., Ders Notları, (2006) .

- [19] Şenalp, A.Z., Bezer, Y.İ., “Treyler Şasinin Bilgisayar Destekli Tasarımı ve Sonlu Elemanlar Methoduyla Yapısal Analizi”, Timak, Balıkesir, (2006), 558-569.
- [20] Karaoğlu, Ç., “Kamyon Şasilerinde Ana Profil Kalınlığının Gerilmeler Üzerindeki Etkisi”, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt 1, Sayı 3, İzmir, (1999), 89-95.
- [21] Karaoğlu, Ç., Kuralay, N.S., “Stress Analysis of a Truck Chassis with Riveted Joints”, Finite Elements in Analysis and Design, Sayı 38, (2002), pp.1115.
- [22] Ereke, İ.M., “Taşıt Modeli Geliştirmede Kullanılan İleri Tasarım Teknikleri” Timak, Balıkesir, (2006), 27-34.
- [23] Ereke, İ.M., Yay, K., “Çift Katlı Otobüs gövdesinin Bilgisayar Destekli Gerilme analizi” .
www.obitet.gazi.edu.tr/makale/Makaleler/otobus.htm
- [24] Dinçer, S., “Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Kapı Dayanım analizleri”, OTEKON, Bursa, (2004), 108.
- [25] Arslan, M.Ö., Tuncer, A., Tandoğan, F.O., “Kamyon Şasilerinde Titreşim Analizi”, OTEKON, Bursa, (2004). 185.
- [26] Megson, T.H.G. and Alade G.A., Structural Analysis of Ladder Frames Under Torsion, The Inst of Mech Eng. Proc., (1976).
- [27] Oehlschlaeger, H., Considering Cross-Member Orifices in the Structural Analysis of Commercial Vehicle Frames, Leichtbau der Verkehrsfahrzeuge, (1977).
- [28] Beerman, H.J., Warping İnhibition in the Joints of Vehicle Frames with Open Cross-Section Members, Leichtbau der Verkehrsfahrzeuge, (1977),pp. 1-6.
- [29] Beerman, H.J., Torsion of Commercial Vehicle Frames with Open and Closed Cross Section Members, Automobiltechnische Zeitschrift, No 9, (1980), pp. 459-464.
- [30] Oehlschlaeger, H., Einflaub der Knotenauslegung auf Verdrehsteife undbeanspruchungen von Verwindungsweichen Nutzfahrzeugrahmen , Automobil Industrie, 2/80, (1980), pp. 69-76.
- [31] Kwangju, L., Nicolaidis, E., Identification of Flexible Joints in Vehicle Structures, AIAA Journal, v 30, No 2, (1992), pp. 482-489.
- [32] Oehlschlaeger, H., Influence of the Nodal Design on the Torsional Stiffness and Torsional Stresses of torsionally Flexible Frames of Commercial Vehicle, Automobile Industrie, No 2, (1977), s69.
- [33] Beerman, H.J., Static Analyses of Commercial Vehicle Frames, Int. J. Vehicle Design , v5, (1984), pp. 26-52.
- [34] Karayel, D., Özkan, S.S., Akkaş, N., “Kaynak Bağlantılarının Bilgi Tabanlı Sistemler Kullanarak Tasarımı” Timak, Balıkesir, (2006), 344-354.
- [35] Karaoğlu, S., Karaoğlu, Ç., “T Bağlantılarda Kaynak Eşiğindeki Gerilme Yığılması Faktörünün Sonlu Elemanlar Yöntemiyle İncelenmesi”, DEÜ Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, Cilt 4, Sayı 2, (2002), 107- 112.

[36] Uçun, i., Talas, Ş., Taşgetiren, S., “Farklı Kalınlıktaki Parçaların Alın Kaynağında Geçiş Bölgesinin Gerilme Yığılımlarına Etkisi), Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, Cilt 2, Sayı 2, (2005), 51-61.